

VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

**Studium vlivu nanočástic na adhezi tenkého povlaku k ocelovému
substrátu**

**Study of the Influence Nanoparticles on Adhesion of the Thin Coating to
Steel Substrate**

Student:

Veronika Káňová

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Ostrava 2011

Zadání bakalářské práce

Student: **Veronika Káňová**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Specializace: **70 Strojírenská technologie**
Téma: **Studium vlivu nanočástic na adhezi tenkého povlaku k ocelovému substrátu**
Study of the Influence Nanoparticles on Adhesion of the Thin Coating to Steel Substrate

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte vlastnosti organických povlaků na bázi nátěrových hmot a vliv přísad na jejich vlastnosti.
2. Prostudujte možnosti použití vybraných složek sušiny v nanorozměrech a jejich vliv na adhezi tenkého povlaku k substrátu.
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
4. Proveďte experimentální práce a jejich vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu v rozsahu minimálně 25 stran.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.

KOLASINSKI, K. W.: *Surface Science. Foundations of Catalysis and Nanoscience*. John Wiley and Sons, LTD, England, 2002. 300 s. ISBN 0-471-49245-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011


prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřisežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 23. 5. 2011

Veronika Káňová

podpis

Prohlašuji, že

Jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.

Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě *13.5.2011*

Veronika Káňová
.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Veronika Káňová

Adresa trvalého pobytu autora práce:

K trati 1689

739 34 Šenov

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KÁŇOVÁ, V. Studium vlivu na adhezi tenkého povlaku k ocelovému Substrátu: Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011, 58 s., Bakalářská práce, vedoucí doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.

Bakalářská práce je zaměřena na studium vlivu nanočástic na tenkého povlaku k ocelovému substrátu. Cílem této práce je především zjištění přilnavosti k základnímu materiálu. Práce se skládá z teoretické a experimentální části. V teoretické části se zabývám definicí a vlastností povrchu, povrchových úprav kovů před aplikací nátěrů a teorii o nanotechnologii. V experimentu byly použity dva vzorky, na které byly nanесeny dva typy nátěrů. Jako pigment v obou nátěrech byl použit fosforečnan zinečnatý. Tyto nátěry byly nanесeny dvěma způsoby. Vzorky byly vystaveny mřížkové zkoušce, křížovému řezu a korozní zkoušce. Výsledky experimentů byly podrobně popsány a graficky zpracovány.

ANOTATION OF THESIS

KÁŇOVÁ, V. : Study of the Influence on Adhesion of the Thin Coating to Steel Substrate Department of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical university of Ostrava, 2011, 58 s., Bachelor thesis, head doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc..

This Bachelor Thesis is focused on the study of nanoparticles influence to adhesion of the thin coating to steel substrate. The main goal of the Thesis is especially to determine adherence to the basic material. The Thesis consists of the theoretical and practical part. The theoretical part deals with the definition and characteristics of surface, surface treatment of metal before application of paint and theory of the nanotechnology Two samples were used in the experiment, on which were applied two types of the paint systems. Zinc phosphate was used as a pigment in both of the paint systems. The paint systems were applied in two ways. The samples were exposed to the test grid, the cross-cut and the corrosion test. The results of the experiments were closely described and diagrammatized.

1. ÚVOD	9
2. DEFINICE A VLASTNOSTI POVRCHU.....	10
2.1 Definice povrchu.....	10
2.2 Mikrogeometrie.....	10
2.3 Drsnost povrchu	11
2.4 Smáčení povrchu.....	13
2.5 Organické povlaky	13
2.6 Dělení nátěrových hmot:	14
2.7 Nanášení nátěrových hmot:.....	15
2.7.1 Štětcem.....	15
2.7.2 Pneumatickým stříkáním.....	16
3. POVRCHOVÁ ÚPRAVA POVRCHU KOVU PŘED APLIKACÍ NÁTĚRU	17
3.1 Otryskávání	17
3.2 Broušení	17
3.3 Kartáčování a leštění	18
3.4 Odmašťování.....	18
3.5 Moření	19
3.5.1 Moření v kyselině sírové.....	19
3.5.2 Moření v kyselině chlorovodíkové.....	19
4. NANOTECHNOLOGIE.....	20
4.1 Využití nano-vrstev v praxi.....	21
5. NÁVRCH METODIKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ	22
6. EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE	23
6.1 Použitý nátěrový systém	23
6.1.1 Chemický rozbor mikročástic fosfátu zinku	23
6.1.2 Chemický rozbor nanočástic fosfátu zinku	24
6.2 Charakteristika podkladového materiálu.....	26
6.2.1 Standardní testovací kovové panely.....	26
6.2.2 Truby	27
6.3 Chemický rozbor povrchu vzorků pomocí SEM (skenovací elektronová mikroskopie)	28
6.3.1 Standardní testovací kovové panely.....	28

6.3.2	Truby	29
6.4	Značení vzorků	30
6.5	Hodnocení zaprášenosti povrchu dle ČSN ISO 8502-3	30
6.6	Měření drsnosti povrchu dle normy ČSN EN ISO 4287	32
6.7	Aplikace nátěru na vzorky	36
6.8	Vytvrzení nátěru na vzorcích	36
6.9	Kontrola tloušťky suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808	36
6.10	Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou dle normy ČSN ISO 16276 – 2	37
6.11	Zkouška přilnavosti křížového řezu dle normy ČSN ISO 16276 – 2	38
6.12	Korozní zkouška nátěrů dle ČSN EN ISO 9227	45
6.13	Fotodokumentace vzorků z korozní zkoušky	46
ZÁVĚR		58
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		59

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČSN	- česká státní norma	[-]
EN	- evropská norma	[-]
ISO	- mezinárodní norma	[-]
Ra	- průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu	[μm]
Rz	- největší výška profilu	[μm]
Rq	- střední kvadratická úchylka profilu	[μm]
Rp	- největší výška výstupků profilu	[μm]
Rv	- největší hloubka prohlubní profilu	[μm]
Rsk	-šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie)	[-]
Rku	- špičatost posuzovaného profilu	[-]
λ_s	- filtr, který definuje rozhraní mezi drsností a kratšími složkami vln přítomnými na povrchu.....	[mm]
λ_c	- filtr, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitostí	[mm]
λ_f	- filtr, který definuje rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln přítomnými na povrchu.....	[mm]
α	- kontaktní úhel	[°]
ZP10	- obchodní označení pigmentu fosfátu zinku	[-]
O	- kyslík.....	[-]
Mg	- hořčík	[-]
Al	- hliník	[-]
Si	- křemík.....	[-]
P	- fosfor.....	[-]
Fe	- železo	[-]
Zn	- zinek	[-]
Wt	- váhové množství	[%]
S	- síra.....	[-]
C	- uhlík.....	[-]
Mn	- mangan.....	[-]
K	-draslík	[-]

1. ÚVOD

Povrchové úpravy se zabývají mnoha metodami zajišťující chemickou a mechanickou úpravu povrchu materiálu. Díky těmto metodám se zbavíme důležitých nečistot z povrchu materiálu a to jsou hlavně mastnoty, rez a prach. Toto očištění povrchu je velmi důležité před dalším nanášením nátěrových hmot. Kvalita povrchu se z velké části podílí na dobré přilnavosti nátěrového systému, na životnosti a odolnosti povrchu součásti.

Díky používání nátěrových systémů můžeme vytvořit protikorozi ochranu povrchu materiálu. Každý nátěrový systém je tvořen pojivou, která tvoří souvislé vrstvy. Tyto vrstvy po vytvrzení zabraňují vniknutí vody a agresevních látek na povrch materiálu a zamezí tak vzniku koroze. Jednou ze složek pro zvýšení ochrany je přidání do nátěrových hmot antikorozi pigmenty.

Při snaze omezit znečišťování životního prostředí se přechází z toxických pigmentů olova a chrómu na ekologické pigmenty. Jeden z mnoha těchto pigmentů je fosforečnan zinečnatý. Tento pigment patří mezi nejpoužívanější v této době. Výzkum je zaměřen na zjištění výhodnosti použití pigmentových částic ve velikosti nano a mikro a zda přidáním těchto pigmentů je možné zlepšit vlastnosti nátěrové hmoty. Některé složky z nanočásticemi jsou již na trhu a víme, že jsou schopny odpuzovat vodu, jsou odolné proti poškrábání nebo dokonce mají samočistící schopnosti.

2. DEFINICE A VLASTNOSTI POVRCHU

2.1 Definice povrchu

Povrch je hodnocen jako shluk makroskopického objektu, který vytváří hranici mezi okolím a základním materiálem. Vzhled určuje povrch objektu a tvoří rozhraní mezi dvěma fázemi. Velké objekty s malým poměrem povrchu k jeho objemu jsou fyzikální a chemické vlastnosti povrchu určeny většinou vlastnostmi základního materiálu na rozdíl od malých objektů s velkým poměrem povrchu k jeho objemu jsou jejich vlastnosti většinou ovlivněny povrchem. Funkční vlastnosti nesouvisí jen z vnější vrstvou, ale souvisí s oblastí pod povrchem.[3]

2.2 Mikrogeometrie

Povrch není geometricky dokonale rovinný, nerovnosti vznikají při různé úpravě povrchu. Působí na ně i vnější síly nebo prostředí.

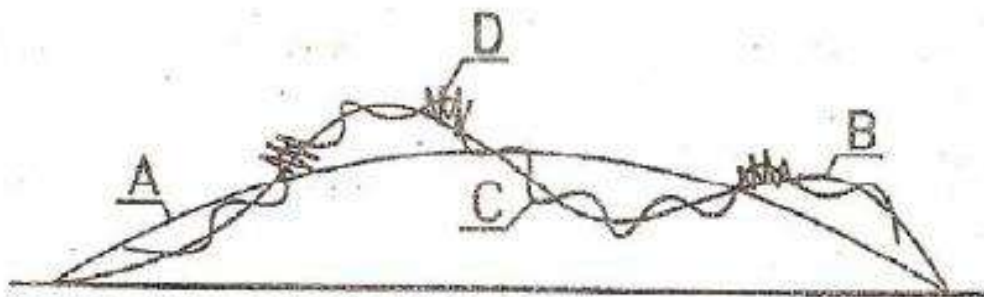
Rozlišujeme tyto nerovnosti:

Mimořádné nerovnosti – (makronerovnost) trhliny, nepravidelné rýhy (A)

Vlnitost povrchu – periodicky opakující se nerovnosti (B)

Drsnost povrchu – (mikronerovnost) je podmíněná technologickým pochodem. Pravidelně se opakuje (C)

Na opakující se nerovnosti se superponují **ultramikronerovnosti** (D). Jsou dány snahou povrchu dosáhnout co nejstabilnějšího stavu povrchu



Obr.1 Schéma nerovností povrchu různého druhu [2]

2.3 Drsnost povrchu

Před aplikací nátěru je dán povrch dvěma parametry

- čistotou povrchu
- drsností povrchu

Velikost drsnosti získáváme měřením. Měřením drsnosti se vyhodnocuje sledování plochy povrchu a je určován většinou pomocí veličin normou ČSN EN ISO 4287 [4]

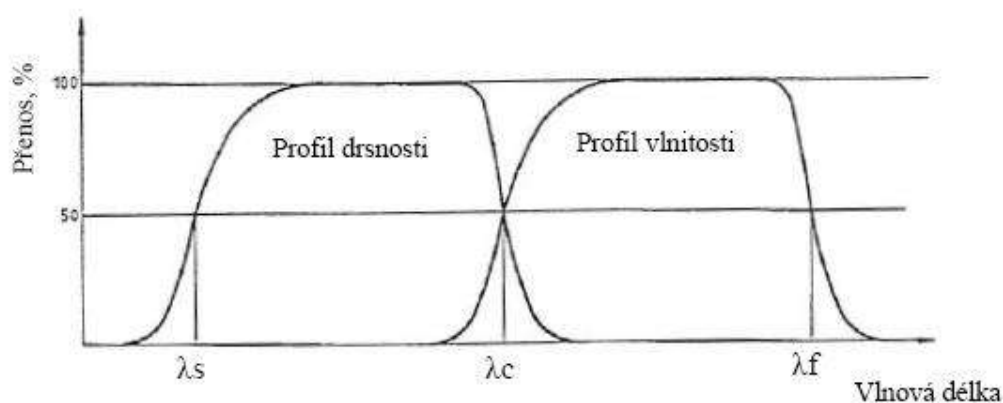
Filtrace – je to proces, který odstraňuje nežádoucí složky profilu mezní vlnovou délkou nazýváme hodnoty, které od sebe oddělují dlouhovlnné a krátkovlnné složky.

Filtry profilu:

λ_s – definice rozhraní mezi krátkovlnnými složkami a drsností

λ_c – rozhraní mezi složkami vlnitosti a drsností

λ_f – rozhraní mezi složkami vlnitostí a dalšími složkami, které se vyskytují na profilu



Obr.2 Přenosová charakteristika profilu drsnosti a vlnitosti[6]

Geometrické parametry:

Vlnitost povrchu	W
Základní profil	P
Drsnost povrchu	R

Vlnitost profilu - postupná aplikace filtru λ_f a λ_c na základní profil

Profil drsnosti - je odvozen od základního profilu protlačením složek filtru profilu λ_c je to základní hodnocení parametrů drsnosti.

Základní profil - získáváme snímáním ideálně hladkého povrchu materiálu zbytek profilu je sestaven vnějších a vnitřních poruch a odchylek, které vznikají při přenosu profilu

R_p – největší výška výstupku profilu

R_v – největší hloubka prohlubně profilu

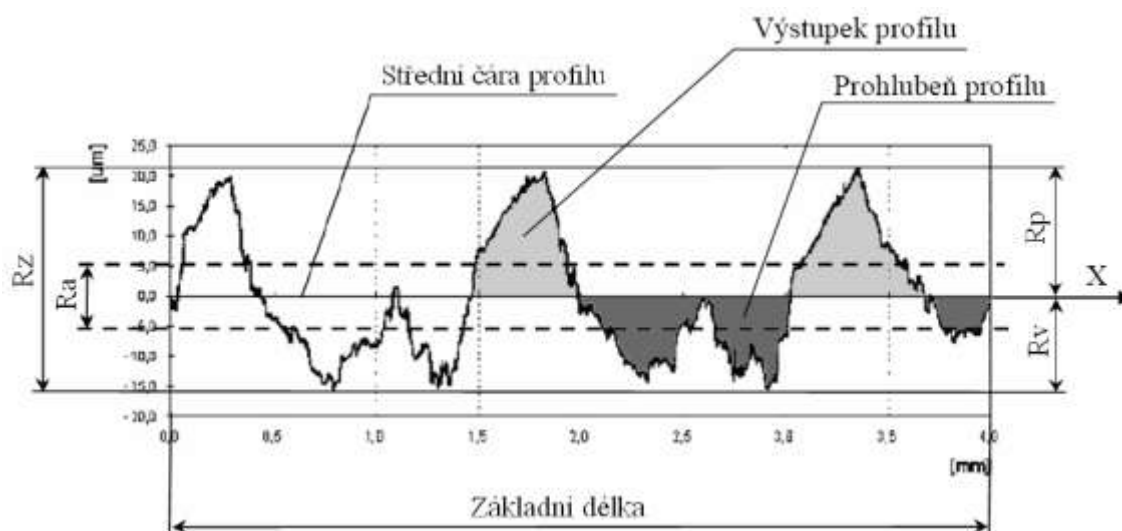
R_z – největší výška profilu

R_c – průměrná výška profilu

R_t – celková výška profilu

R_a – střední aritmetická úchylka profilu

R_q – průměrná kvadratická úchylka profilu [5]

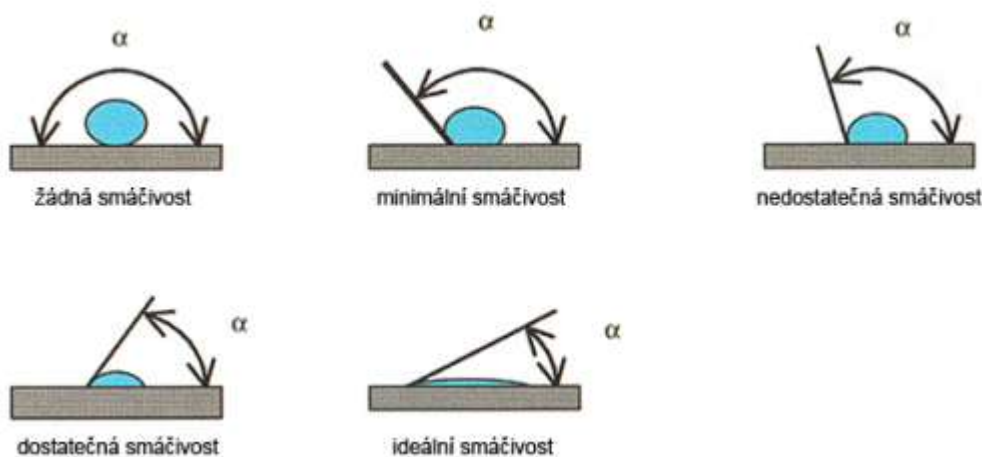


Obr.3 Příklad profilu drsnosti [8]

2.4 Smáčení povrchu

Důležitá vlastnost zajištění dobré adheze povlaku k substrátu je smáčecí schopnost zajišťující očištění povrchu a rovnoměrné nanesení nátěrové hmoty. Povrch zbavený nečistot a mastnot je snadno smáčenlivý vodou a je to předpoklad o dobrém čistícím procesu.

- Pokud je hodnota úhlu α vysoká předpokládáme, že smáčenlivost je nedostatečná.
- Naopak pokud je hodnota úhlu α nízká je smáčenlivost povrchu dobrá. [9]



Obr.4 Úhel smáčení [10]

2.5 Organické povlaky

Organické povlaky na bázi nátěrových hmot a plastů jsou nejběžnější a ekonomicky nejvýhodnější způsob jak zabránit korozi ocelových výrobků. Zvýšit jejich životnost nátěru zabraňují přístupu vody a agresivních složek k základnímu materiálu. Také obsahují antikorozní pigmenty a inhibitory koroze, které napomáhají zneškodnit agresivní složku, která poté difunduje vrstvou nátěru k povrchu kovu. Díky tomu dochází ke zpomalení a množnosti i zastavení průběhu koroze. Povlaky z plastických hmot antikorozní pigmenty neobsahují.[1]. Organické povlaky obsahují velké množství organických rozpouštědel. Proto díky ochraně životního prostředí byly vyvinuty nové druhy materiálu i nové technologie. Mezi tyto materiály patří vodou ředitelné nátěrové hmoty a vysoko sušivé nátěrové hmoty.

Předúpravou pro nanášení nátěrů je důkladné očištění základního materiálu hlavně od mastnot. Tyto mastnoty vedou k znehodnocení povrchu materiálu.

2.6 Dělení nátěrových hmot:

Transparentní – průhledné nátěrové filmy (laky nebo fermeže)

Pigmentové – neprůhledné nátěrové filmy, (emal, tmely, barvy)

Složení nátěrových hmot:

Organické látky, které se nanášejí v tekutém nebo těstovitém stavu tvoří na předmětech filmy, které mají potřebné vlastnosti.

Filmové složky – (pojiva) jsou to netěkavé látky, po zaschnutí tvoří souvislou vrstvu a jsou schopny vázat dispergované částice plniv a pigmentů. Kombinací filmových látek lze měnit vlastnosti nátěrů. Mezi filmotvorné látky patří vysychavé oleje, přírodní živice, umělé živice deriváty celulózy, asfalt a jiné.

Těkavé složky – (rozpouštědla) používají se pro rozpouštění pojiv nátěrových ploch lze jimi měnit konzistenci používají se benzíny, benzeny, alkoholy, ketony a jiné.

Plnidla – jsou to minerální látky rozemleté v nerozpustných pojivech. Tyto látky mění technologické vlastnosti nátěrového povlaku. Například zabraňují smrštění filmu po zaschnutí.

Aditiva – jsou to přísady do nátěrových hmot obsahující vysychavé oleje. Používají se při výrobě fermeží, olejových a glyptálových nátěrových hmot. Jako základní složka je takzvané kovové mýdlo nebo jeho roztoky v organických rozpouštědlech.

K aditivum patří: sušidla, emulgátory, stabilizátory a jiné.[1]

Pigmenty – dodávají nátěrům barevné odstíny, mají krycí schopnosti. Pigmenty zamezují stárnutí nátěru a zvyšují odolnost proti korozi.

Pigmenty jsou organické a anorganické částice, které se jemně rozptýlí v pojivu. Jednou z funkcí je zakrýt zbarvit a esteticky upravit povrch. Působení nátěru je tvořeno odrazem světla.[25]

Pigmenty se dělí do 3 skupin:

- Inhibitorové pigmenty (např. zinková žluť, zinkový prach, atd.)
- Neutrální pigmenty (např. titanová běloba, oxid železitý, chrom olovnatý, atd.)
- Stimulující pigmenty (např. saze, grafit, atd.) [1]

Antikorozní pigmenty

Koroze vzniká nejčastěji povětrnostními vlivy. V minulosti byli proto využívány minium (černé pigmenty) a zinková žluť. Z důvodů toxických látek olova a šestimocného chrómu byly tyto látky omezené. Byly nalezeny vhodné náhrady s menším antikorozním účinkem. Mezi tyto pigmenty patří například:

Fosforečnan zinečnatý - jedná se o nerozpustný dobře přilnavý pigment. Má menší odolnost v prostředí chloridu solného a silném kyselém prostředí. Používá se často v nátěrových hmotách se sloučeninami neutralizující kyselé prostředí. Například se zinkovou bělobou nebo vápencem. Tento pigment není toxický.[15]



Obr.4 Barevné pigmenty Ferroxon [7]

2.7 Nanášení nátěrových hmot:

2.7.1 Štětce

Toto nanášení nátěrových hmot patří mezi nejstarší a nejpoužívanější způsob nanášení. Štětce se vyrábějí v různých provedeních a velikostech. Délka štětín by se měla pohybovat kolem 5cm při řidších nátěrech se používají delší štětiny při hustších naopak kratší štětiny. Natírání provádíme tak že štětec namočíme až po okraj ovázání štětce. Po namočení do nátěrové hmoty otřeme o okraj nádoby. Nanášíme třemi až čtyřmi od sebe vzdálenými tahy za mírného tlaku štětce na povrch. Výhodou této metody je dosažení stejnoměrné tloušťky nátěrů a také minimální ztráty nátěrových hmot.

2.7.2 Pneumatickým stříkáním

Je nejrozšířenější způsob nanášení pro rychleschnoucí nátěrové hmoty tímto způsobem se stříkají hlavně velké plochy, na kterých dosáhneme rovnoměrného nástřiku a velmi hladkého povrchu. Pro stříkání potřebujeme stříkací pistoli. Proud nátěrové hmoty je strháván stlačeným vzduchem tvoří se kužel jemných kapek tak, že při dopadu na materiál se kapky slévají a tvoří souvislý povlak. Stříkání provádíme ve stříkacích kabinách.

Kabiny dělíme :

- **Stolové** – na stříkání drobných předmětů. Hlavní částí je pracovní stůl s dobrým odsáváním. Ventilátor je umístěn pod stolem s ostatními strojními zařízeními.
- **Podlahové** – v těchto kabinách se stříkají předměty větší. Předměty se do kabiny vozí na vozíku pomocí, kladkostroje, podvěsným vozíkem aj. vzduch se čerpá z okolí.
- **Tunelové** - pro úpravu rozměrných předmětů.



Obr.5 Sada na pneumatické stříkání [14]

Další způsoby nanášení nátěrových hmot:

- Válečkem
- Vysokotlakým stříkáním
- Máčením
- Elektrickým polem [2]

3. POVRCHOVÁ ÚPRAVA POVRCHU KOVU PŘED APLIKACÍ NÁTĚRU

Před aplikací nátěru je potřeba povrch materiálu očistit od nečistot. Tyto nečistoty jsou látky, které jsou vázaný na povrch mechanicky (mastnoty, prach), a nebo to můžou být látky které jsou vázaný na povrch chemicky (oxidy, rez, okuje). Je třeba vytvořit kovově čistý povrch.

Předúpravy povrchu dělíme na:

- Mechanické
- Chemické

3.1 Otryskávání

Při této mechanické úpravě povrchu se otryskávací materiál vrhá velkou rychlostí na povrch součásti. Tím že tryskáci materiál neuspořádaně otryskává povrch patří do neorientovaných – izotropních povrchů. Charakter kvality tryskání udává nejen tvar ale také tvrdost, zrnitost, druh materiálů, hmotnost zrna, úhel dopadu a jiné vlastnosti prostředí. Tryskací prostředky volíme dle povrchu součásti, tloušťky a znečištění ploch. Důležité je tvar zrn. Používají se jak kuličky tak ostrohrané prostředky. Jako tryskáci materiál se používá: křemičité písky, litinová drť, brusiva (karbidy křemíku aj.)

3.2 Broušení

Tato úprava povrchu se používá jako předúprava také ale i jako konečná úprava materiálu. K broušení se používají brusné kotouče nebo brusné pásy. Broušením se většinou povrch připravuje pro kartáčování nebo leštění. Dle potřeby broušení určujeme velikost brusných zrn na hrubé broušení používáme velikou zrnitost a na jemné broušení částice z menší zrnitostí. Kotouče se používají nejčastěji plstěné, kožené a látkové. Je velmi těžké určit hranici mezi broušením a leštěním. Broušení a leštění má jiný charakter při úpravě povrchu v povrchových úpravách než u přesného obrábění. V povrchových úpravách jde převážně o odstranění nerovnosti z povrchu za účelem lesku nebo vhodného povrchu pro nanesení potřebného povlaku.

3.3 Kartáčování a leštění

Provádí se po broušení. Kartáčování se provádí pro odstranění starého nátěru nebo okují. Mají ocelové nebo mosazné dráty. Pro zjemnění povrchu se používají přírodním nebo umělým vláknem jako je například silon, žíně v kombinaci s brusnými pastami. Leštěním dosáhneme konečnou jakost povrchu popřípadě jeho lesk. Nejčastěji se používají leštící kotouče nebo leštící pasty.

Jako brusné nebo leštící prostředky používáme:

- Tukové pasty
- Brusné pasty a suspenze

Srtoje pro broušení, leštění a kartáčování:

Tyto mechanické úpravy povrchu jsou velmi namáhavé a nehygienické operace, proto se snažíme tyto práce mechanizovat.

Rozděluje je na:

- Univerzální brousící a leštící stroje
- Stroje a přípravky pro broušení a leštění rotačních součástí
- Stroje a přípravky pro broušení a leštění plochých výrobků[1]

3.4 Odmašťování

Odmašťování je jednou z metod chemické úpravy povrchu. Na povrchu materiálu se mohou vyskytovat nečistoty, které jsou vázány fyzikální absorpcí nebo adhezními silami. Tyto nečistoty zabraňují správnému zakotvení a zaschnutí nátěru. Díky odmašťovacím přísadám se mastnoty a nečistoty z povrchu materiálu uvolňují, přecházejí do roztoků, které zabrání zpětnému vyloučení na povrch materiálu.

Dle prostředků na omašťování dělíme na:

- V alkalických roztocích
- V organických rozpouštědél
- Elektrolytické odmašťování
- V neutrálních roztocích
- Emulzní odmašťování
- Ultrazvukem [2]

3.5 Moření

Je odstraňování oxidických nečistot (rzi, okují). Moření se provádí v kyselinách. Kyselina proniká póry oxidického povlaku na fázovém rozhraní. Vodík, který vzniká podleptává povlak. Tento vodík vytváří bublinky a svým tlakem odstraňuje oxidické vrstvy. Nejčastěji se v praxi používá kyselina sírová, chlorovodíková fosforečná. Moření se provádí v tzv. lázních. Tyto lázně se časem vyčerpávají díky vylučování oxidů i základního materiálu. Proto tyto lázně musíme průběžně upravovat.

3.5.1 Moření v kyselině sírové

Toto moření nazýváme také moření úběrové. Ubírá se z 1m² 25 – 40g základního materiálu. Negativní vliv při tomto moření je difundující vodík do kovu. Díky tomu vzniká možnost vzniku vodíkové křehkosti. Tomuto zabráníme použitím inhibitorů, které zpomalí rychlost rozpouštění oceli ale rozpouštění oxidů neovlivní. Moří se v koncentraci kyseliny sírové 8 -14% při teplotě 60 - 80°C po dobu 5 – 10 min. Záleží na druhu materiálu.

3.5.2 Moření v kyselině chlorovodíkové

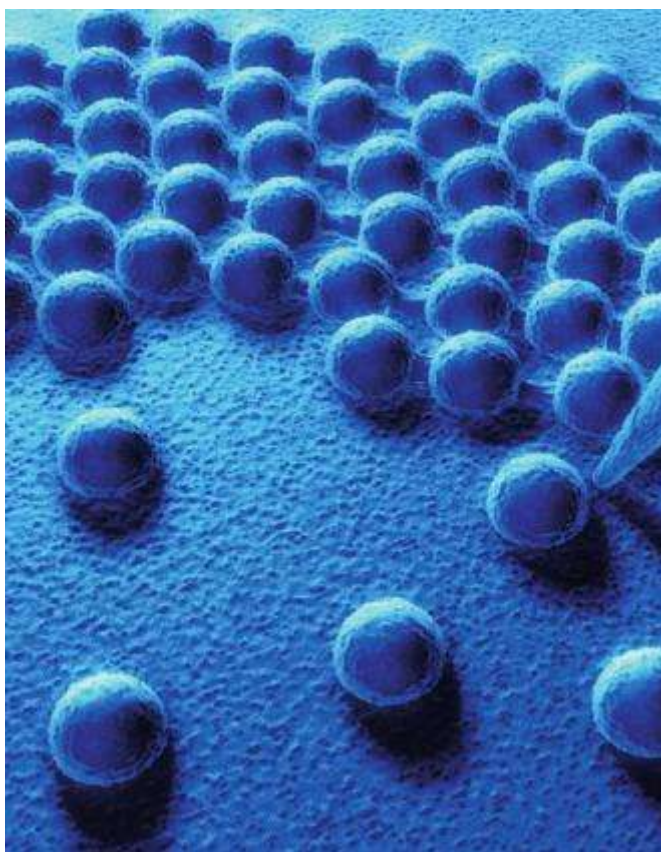
Moření se provádí v koncentraci 10 – 20% při teplotě, která je v místnosti moření po dobu od 10 – 50 min dle materiálu. Rozdíl mezi moření kyseliny sírové a chlorovodíkové je, že u chlorovodíku se oxidy rozpouští nejen rychleji ale i rovnoměrněji. Nevýhodou jsou silné korozní účinky.

4. NANOTECHNOLOGIE

Slovo nano je odvozeno z řecké slova. V překladu znamená trpaslík. Toto slovo se používá jako jednotková předpona vyjadřující 1 nanometr je 1 miliontina metru. Molekula a atomy jsou konstrukční prvky nanotechnologie. Nanotechnologie cíleně uspořádá tyto molekuly a atomy k dosažení potřebných nových objektů, které se dají využívat v mnoha oborech např: výpočetní technika, strojírenství, medicína i stavebnictví.

Nanověda - se zabývá studiem hmoty na atomové rovní

Nanotechnologie – na rozdíl od nanovědy je aplikací znalostí vytváření materiálu a struktur [11]



Obr.6 Nanočástice [12]

4.1 Využití nano-vrstev v praxi

Vývojem nanotechnologií se vysvětlují do této doby nepochopitelné jevy. Mezi tyto jevy se řadí zajímavé povrchy, které nalezneme například v přírodě. Mnoho rostlin a živočichů využívá nano-vrstvy např (stékání kapek vody po listech některých rostlin. Tyto rostliny díky struktuře listu nedovolí proniknutí vody a využívá stékání vody jako očištění povrchu listu). Poznatky zjištěny z laboratoří začínáme využívat v každodenním životě.

Vlastnosti povrchu můžeme díky chemické nanotechnologii měnit tak aby nám vyhovovaly pro další použití.

Vlastnosti, kterých můžeme dosáhnout:

- ***Jednoduchost čištění a samočisticí schopnost***

Při kontaktu s vodou dochází k samočisticímu efektu. Nečistoty se napojí na kapky vody, které stékají po povrchu materiálu. Materiál není potřeba omývat chemickými prostředky.

- ***Odolnost proti oděru a poškrábání***

Materiál je mechanicky a chemicky odolný proti oděru.

- ***Odpudivost vody a olejů***

Povrch materiálu nenasává vodu ani oleje. Na povrchu se vytváří kapky a ty stékají. Zabraňuje se znečištění popřípadě zbarvení povrchu.

- ***Ochrana proti korozi***

Povrchy ošetřeny nanopovlaky mají několikanásobně vyšší životnost než nepovlakovaný materiál.

- ***Ochrana proti stárnutí materiálu***

Povlaky chrání před mechanickými, chemickými a povětrnostními vlivy. Prodlužuje se životnost materiálu.[13]

5. NÁVRCH METODIKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

- Hodnocení čistoty povrchu dle ČSN EN ISO 8501 – 1.
- Hodnocení zaprášenosti povrchu dle ČSN ISO 8502 – 3.
- Měření drsnosti podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287.
- Analýza pigmentových částic v klasickém rozměru a nanorozměru metodou SEM (skenovací elektronová mikroskopie).
- Zhotovení nátěrů s pigmenty o klasickém rozměru a nanorozměru.
- Měření tloušťky mokrého a suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808.
- Stanovení přilnavosti mřížkovou zkouškou a křížový řez dle ČSN EN ISO 1627-2.
- Stanovení korozní odolnosti zkouškou v umělé atmosféře – zkouška solnou mlhou dle ČSN ISO 9227.

6. EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE

6.1 Použitý nátěrový systém

Použitý nátěrový systém je transparentní povlak na bázi alkydové pryskyřice s přidáním mikro a nanočástic fosforečnanu zinečnatého (s obchodním označením ZP 10). Jedná se o transparentní vodouředitelný nátěrový systém bez obsahu VOC látek. Tento antikorozi základní nátěr se používá např. jako dočasná antikorozi ochrana pro železo a ocel.

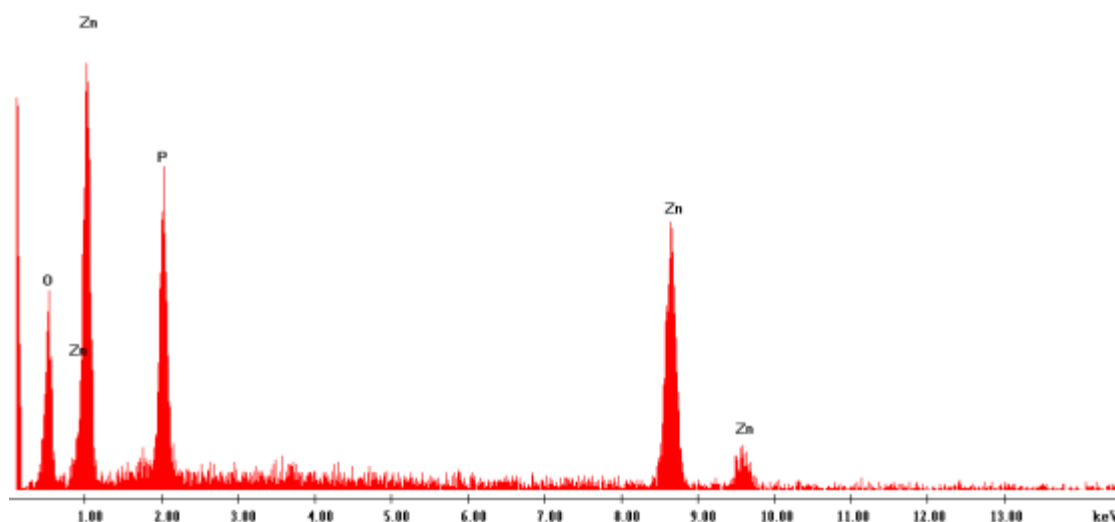
Do nátěrového systému byly přimíchány částice fosforečnanu zinečnatého, mikro částice o obsahu 3-5% a nano částice také o obsahu 3-5% materiálový list viz. příloha 1. Míchání proběhlo pomocí míchadla IKA RW16 Basic, mísení probíhalo 15 minut při 600 ot/min. Poté se takto připravený nátěrový systém nechal ustálit po dobu 12-24 hodin. Nátěrová hmota byla na vzorky nanášena v jedné vrstvě, a to štětcem a vysokotlakým stříkáním.

6.1.1 Chemický rozbor mikročástic fosfátu zinku

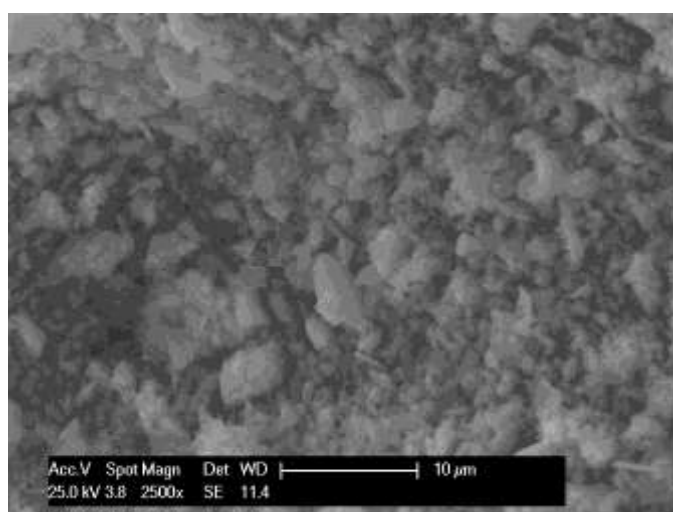
Chemický rozbor povrchu vzorků pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu (SEM mikroskopie). Chemický rozbor byl proveden v centru nanotechnologií se sídlem na VŠB-TU Ostrava a zjišťoval se na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30. Jeho výhodou je hloubka ostrosti a určení chemického složení v daném místě zkoumání povrchu vzorku.

Chemický rozbor mikročástic fosfátu zinku	
Prvek	Wt (%) [váhové množství]
O	33,05
P	16,73
Zn	50,22

Tab. 1. Chemický rozbor mikročástic fosfátu zinku (obchodní označ. ZP10)



Obr.7. Vyjádření chemického rozboru mikročástic fosfátu zinku (obchodní označ. ZP10)

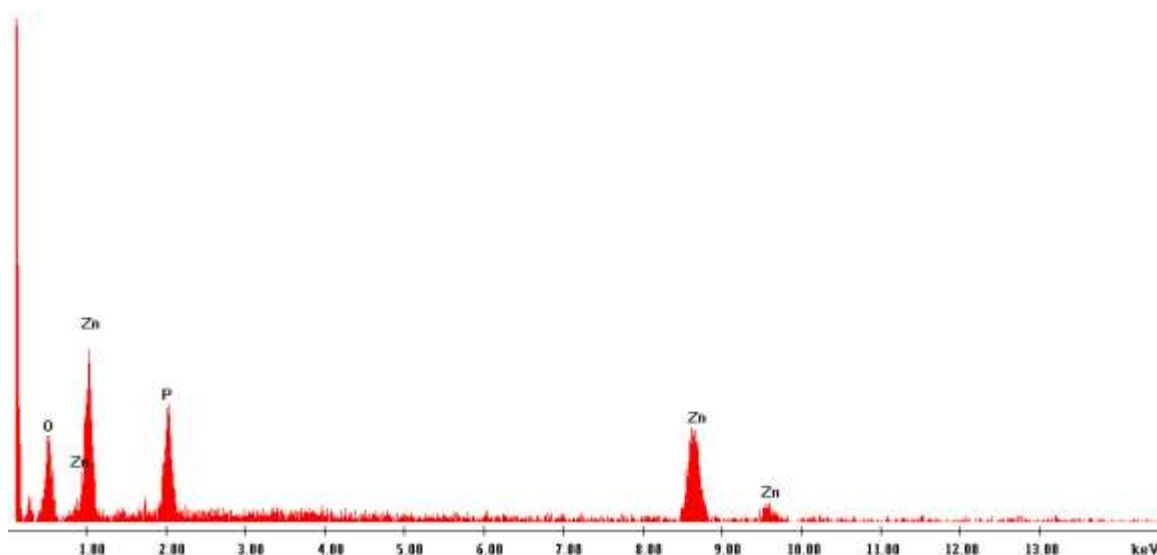


Obr.8. Fotodokumentace mikročástic fosfátu zinku ZP10 foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 2000x

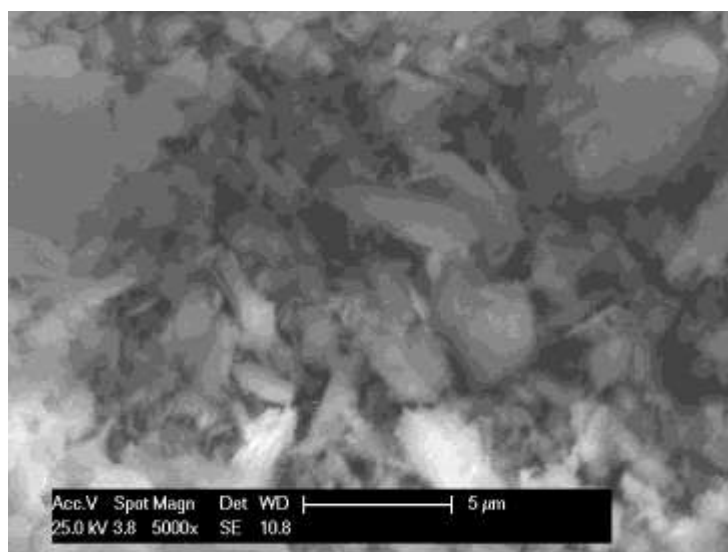
6.1.2 Chemický rozbor nanočástic fosfátu zinku

Chemický rozbor nanočástic fosfátu zinku	
Prvek	Wt (%) [váhové množství]
O	38,36
P	15,24
Zn	46,40

Tab. 2. Chemický rozbor nanočástic fosfátu zinku (obchodní označ. ZP10)



Obr. 9. Vyjádření chemického rozboru nanočástic fosfátu zinku (obchodní označ. ZP10)



Obr.10. Fotodokumentace nanočástic fosfátu zinku ZP10 foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 2000x

6.2 Charakteristika podkladového materiálu

Jako experimentální materiály byly vybrány dva druhy podkladového materiálu. Standardní testovací kovové panely a bezešvé za tepla válcované trubky.

6.2.1 Standardní testovací kovové panely

Jsou dodávány firmou LABIMEX CZ s.r.o. Vzorky jsou vyrobeny z nízkouhlíkové oceli s označením dle této firmy CRS SAE 1008/1010 o rozměrech 102 x 152 x 0,8 mm. Vzorky jsou dodávány ve stavu očištěném a odmaštěném.

Mechanické vlastnosti	
Mez kluzu Re [Mpa]	173
Mez pevnosti v tahu Rm [Mpa]	275
Tažnost A ₅ [%]	30

Tab. 3. Mechanické vlastnosti oceli CRS SAE 1008/1010

Chemické složení				
Prvek	C	Mn	P	S
Obsah [%]	0,13 max	0,25 - 0,60 max	0,04 max	0,05max

Tab. 4. Chemické složení oceli CRS SAE 1008/1010



a



b

Obr. 11.a) Fotodokumentace Povrch standardu (měřeno na mikroskopu NEOPHOT 2)
11.b) Detail povrchu standardu, zvětšeno 100x (měřeno na mikroskopu NEOPHOT2)

6.2.2 Truby

Bezešvé za tepla válcované truby před nanesením nátěrového systému nebyly povrchově upraveny. Tyto truby byly dodány firmou VÁLCOVNA TRUB TŽ, a.s. Truby jsou z materiálu S355J2H, vzorky mají rozměry 100 x 150 x 6,3 mm.

Mechanické vlastnosti	
Mez kluzu $R_{e\ min}$ [Mpa]	355
Mez pevnosti v tahu R_m [Mpa]	470-630
Tažnost A_5 [%]	22

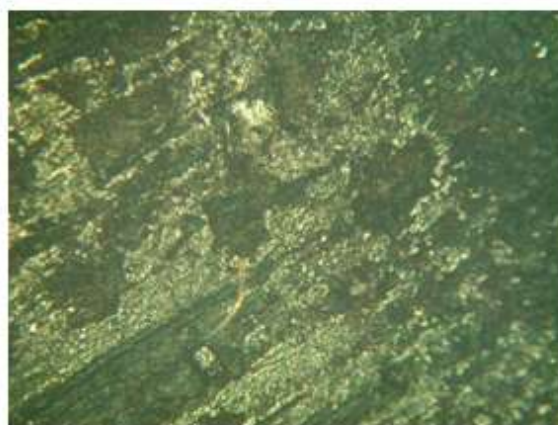
Tab. 5. Mechanické vlastnosti oceli S355J2H

Chemické složení						
Prvek	C	Mn	Si	P	S	Al
Obsah [%]	0,022 max	1,60 max	0,55 max	0,03 max	0,03 max	0,02 min

Tab. 6. Chemické složení oceli S355J2H



a



b

Obr.12.a) Fotodokumentace Povrch trub (měřeno na mikroskopu NEOPHOT 2)

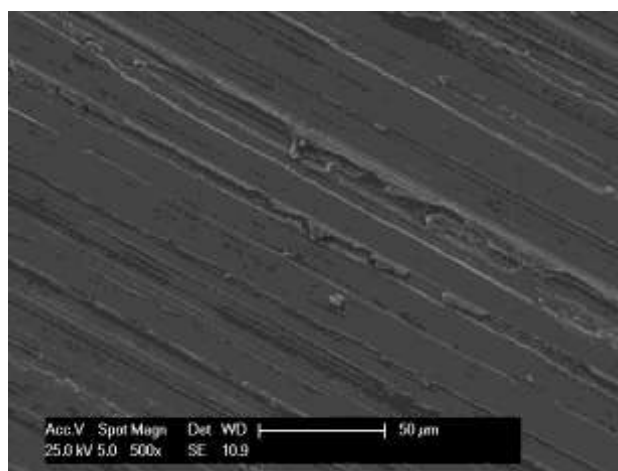
12.b) Detail povrchu trub, zvětšeno 100x (měřeno na mikroskopu NEOPHOT 2)

6.3 Chemický rozbor povrchu vzorků pomocí SEM (skenovací elektronová mikroskopie)

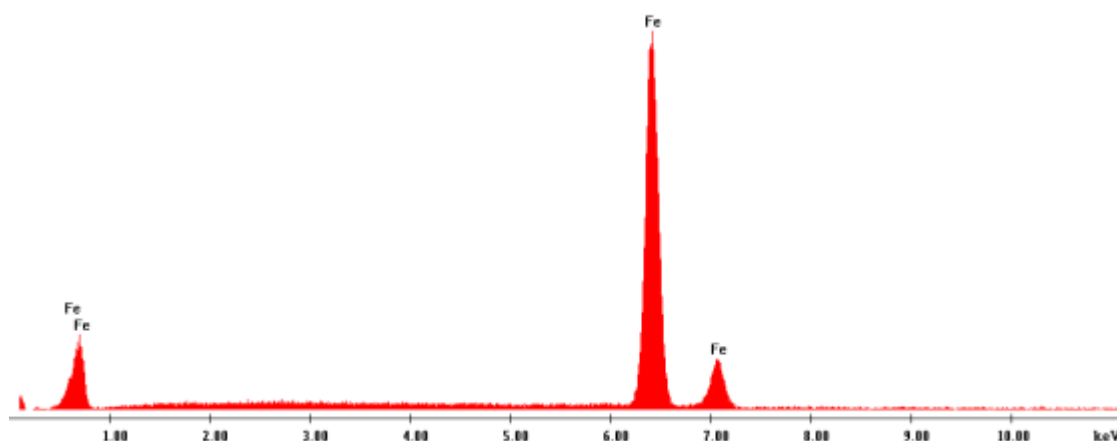
6.3.1 Standardní testovací kovové panely

Chemický rozbor povrchu standardu	
Prvek	Wt (%) [váhové množství]
Fe	100

Tab. 7. Chemický rozbor povrchu standardního kovového panelu (broušený)



Obr. 14. Fotodokumentace povrchu standardního kovového panelu



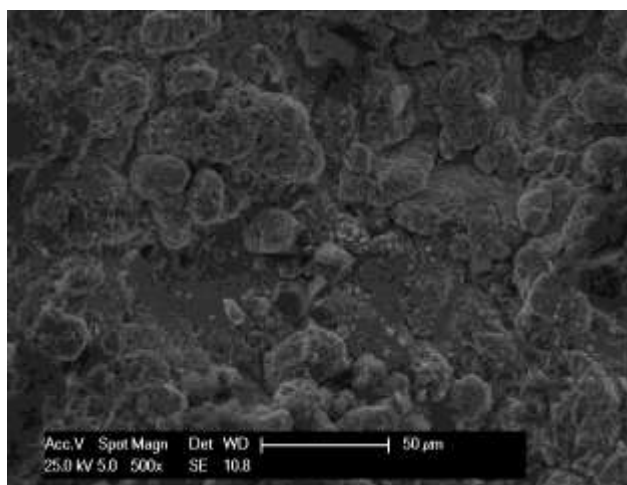
Obr. 13. Vyjádření chemického rozboru povrchu standardního kovového panelu

V chemickém rozboru standardních testovacích panelu je jasné že jediný prvek, který se nám nachází na povrchu je železo. Standardní testovací panely byly před chemickým rozbohem odmaštěny a očištěny.

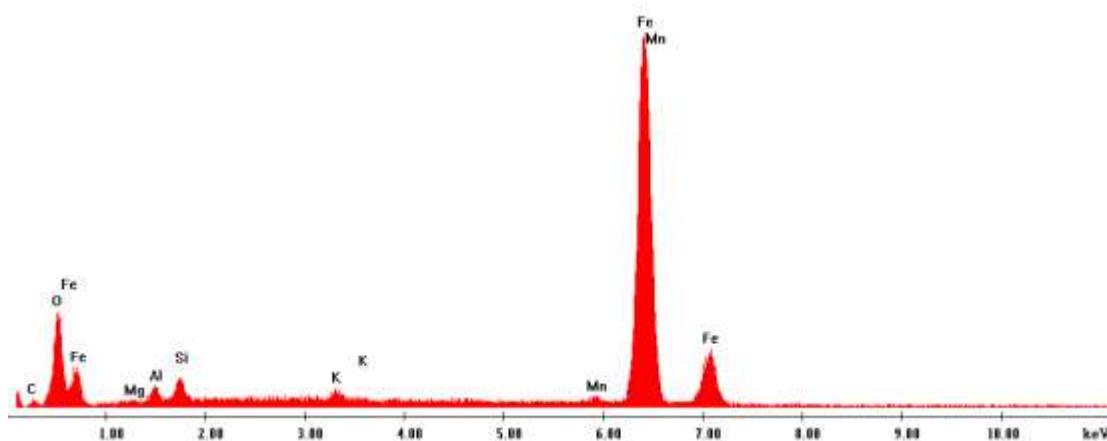
6.3.2 Truby

Chemický rozbor povrchu roury	
Prvek	Wt (%) [váhové množství]
C	5,36
O	23,91
Mg	0,70
Al	2,03
Si	2,46
K	0,65
Mn	1,04
Fe	63,86

Tab. 8. Chemický rozbor povrchu truby - materiál S355J2H



Obr. 15. Fotodokumentace povrchu trub



Obr. Vyjádření chemického rozboru povrchu trub

Bezešvé válcované trubky nebyly před aplikací nátěru nijak povrchově upraveny, proto se na chemickém rozboru vyskytují i jiné prvky než čisté železo. Tyto prvky mohou být na povrchu vytvořeny nečistotami, prachem nebo organickými látkami jako jsou například oleje. Díky výskytu těchto prvků se může zhoršit přilnavost nátěru.

6.4 Značení vzorků

Vzorky byly značeny dvěma písmeny a číslem. První písmeno značí o jaký jde vzorek druhé písmeno o jaký jde nátěr a číslo značí, jak je nátěrový systém nanesen.

SN1	Standardní vzorek, nátěrový systém s nanočásticemi, nanesen natíráním
SN2	Standardní vzorek, nátěrový systém s nanočásticemi, nanesen stříkáním
SM1	Standardní vzorek, nátěrový systém s mikročásticemi, nanesen natíráním
SM2	Standardní vzorek, nátěrový systém s mikročásticemi, nanesen stříkáním
TN1	Vzorek trubky, nátěrový systém s nanočásticemi, nanesen natíráním
TN2	Vzorek trubky, nátěrový systém s nanočásticemi, nanesen stříkáním
TM1	Vzorek trubky, nátěrový systém s mikročásticemi, nanesen natíráním
TM2	Vzorek trubky, nátěrový systém s mikročásticemi, nanesen stříkáním

Tab. 9. Značení vzorku

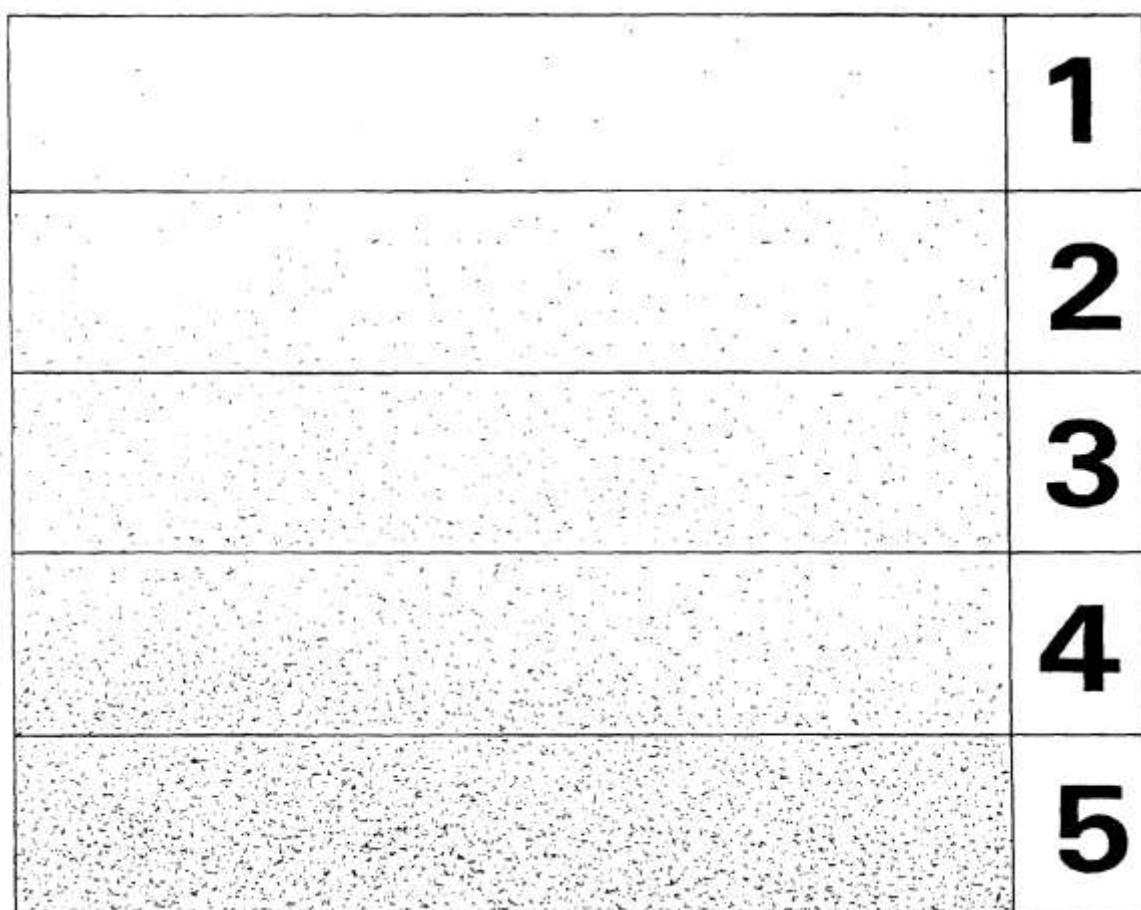
6.5 Hodnocení zaprášenosti povrchu dle ČSN ISO 8502-3

K vyhodnocení množství prachu na povrchu vzorku byla použita samolepicí adhezni páska. Páska byla přilepena k ocelovému povrchu poté byla přitlačena a sejmuta pod úhlem 90°. Sejmутá páska byla nalepena na kontrastní papír a bylo provedeno vizuální posouzení množství zachyceného prachu na pásce a vyhodnocení velikosti prachových částic. Pro toto vyhodnocení byla použita lupa.

Pomocí obrazové stupnice (viz obr.16.) byl stanoven stupeň zaprášenosti a velikost prachových částic.

Třída	Popis prachových částic
0	Částice neviditelné při zvětšení 10x
1	Částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem (obvykle částice menší než 50 μm v průměru)
2	Částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 50 μm a 100 μm v průměru)
3	Částice jasně viditelné prostým okem (částice do 0,5 mm v průměru)
4	Částice mezi 0,5 mm až 2,5 mm v průměru
5	Částice větší než 2,5 mm v průměru

Tab. 10. Třídy velikosti prachových částic ČSN ISO 8502-3[16]



Obr.16. Obrazová stupnice odpovídající množství prachu ČSN ISO 8502-3[16]

Vzorky	Třída velikosti prachových částic	Množství prachu dle obr. stupnice
Standard	1	1
truby	4	4

Tab. 12. Určení velikosti prachových částic a množství prachu na vzorcích

6.6 Měření drsnosti povrchu dle normy ČSN EN ISO 4287

Tato mezinárodní norma stanoví termíny, definice a parametry pro určování struktury povrchu (drsnosti, vlnitosti a základního profilu) profilovou metodou. [17]

Drsnost jsme naměřili přístrojem MITUTUOYO SURFTEST – SJ – 301 dle normy ČSN EN ISO 4287.

Parametry struktury povrchu, které byly předmětem měření:

Ra – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [μm]

Rz – největší výška profilu [μm]

Rq – střední kvadratická úchylka profilu [μm]

Rp – největší výška výstupků profilu [μm]

Rv – největší hloubka prohlubní profilu [μm]

Rsk – šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie) [-]

Rku – špičatost posuzovaného profilu [-]

5.6.1 Měření drsnosti na standardu

Nastavení přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301 :

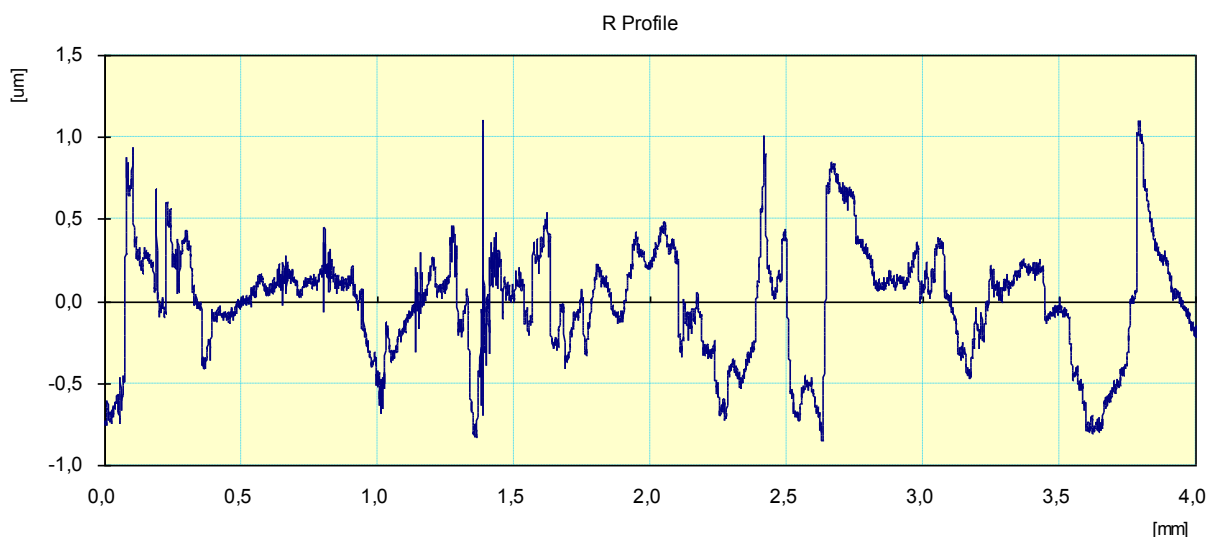
- měření probíhalo dle ISO 1997, $\lambda_c = 0,8 \text{ mm}$, $L = 5 \text{ mm}$

λ_c – filtr profilu , který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti

L – délka měřeného úseku

Počet měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]
1	0,25	1,39	0,3	0,75	0,64	0,1	2,67
2	0,32	1,88	0,41	1,07	0,81	0,86	4,72
3	0,37	2,15	0,46	1,23	0,92	0,21	3,34
4	0,24	1,64	0,31	0,98	0,65	0,62	6,63
5	0,32	2,86	0,47	2,16	0,7	1,76	9,75
6	0,4	4,52	0,6	3,19	1,32	1,99	12,26
7	0,34	3,77	0,58	2,94	0,38	2,96	15,25
8	0,32	2,63	0,46	1,9	0,74	1,59	6,91
9	0,48	2,27	0,62	1,44	1,33	0,15	3,17
10	0,26	1,73	0,34	0,94	0,8	-0,33	3,11
Průměrné hodnoty	0,33	2,484	0,455	1,66	0,829	0,991	6,781
Min. hod.	0,24	1,39	0,3	0,75	0,38	-0,33	2,67
Max. hod.	0,48	4,52	0,62	3,19	1,33	2,96	15,25

Tab. 13. Měření drsnosti na standardních vzorcích



Obr.17. Grafický záznam profilu drsnosti z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301

5.6.2 Měření drsnosti na trubách

Nastavení přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301 :

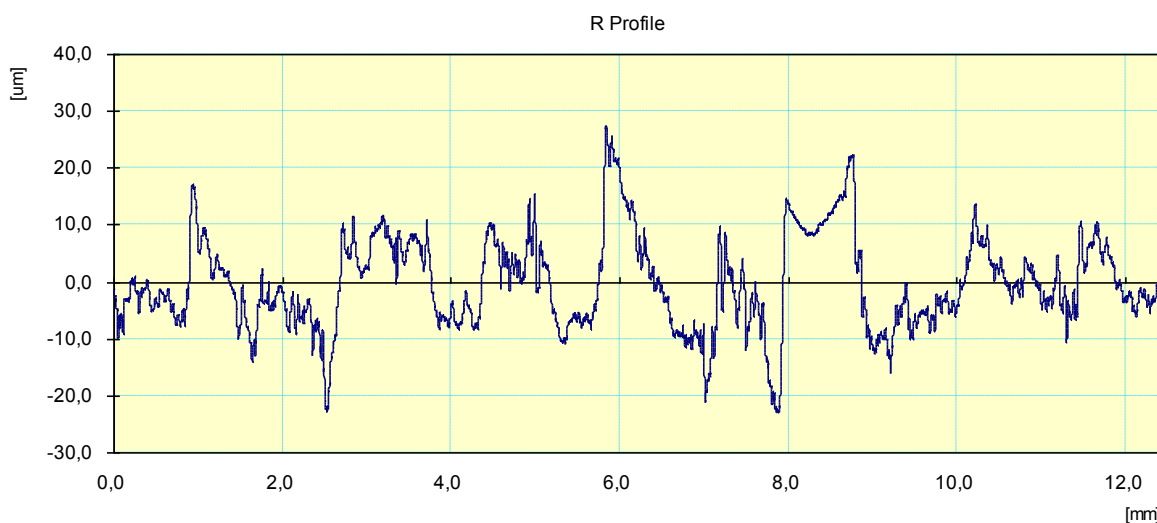
- měření probíhalo dle ISO 1997, $\lambda_c = 2,5 \text{ mm}$, $L = 12,5 \text{ mm}$

λ_c – filtr profilu , který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti

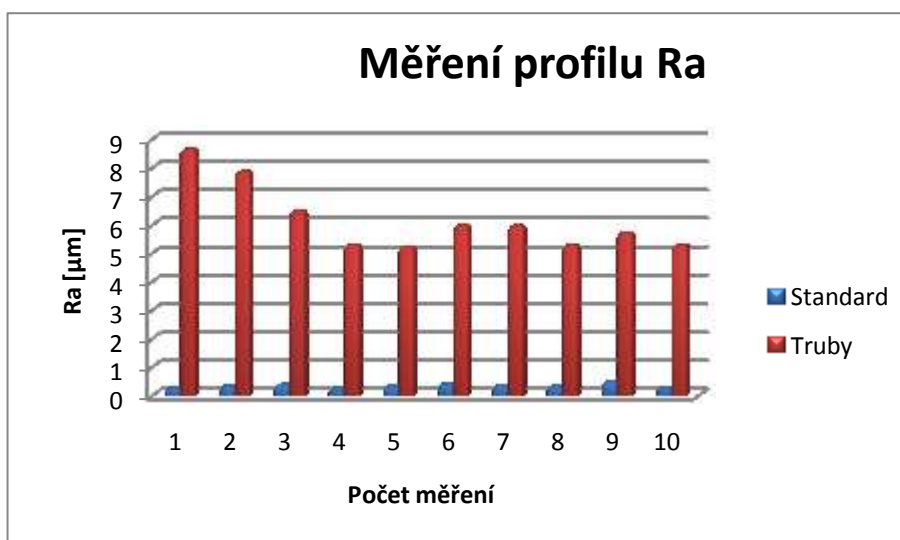
L – délka měřeného úseku

Počet měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]
1	8,63	43,94	10,52	22,48	21,46	0,17	2,49
2	7,85	39,28	9,73	21,49	17,79	0,33	2,98
3	6,48	38,68	7,76	19,28	19,4	0,25	2,78
4	5,28	29,42	6,38	14,59	14,83	0,11	2,43
5	5,22	31,01	6,36	15,51	15,5	-0,11	2,67
6	5,98	31,98	7,31	17,33	14,65	0,1	2,9
7	5,96	37,81	8,02	20,07	17,74	-0,23	3,88
8	5,27	31,56	6,77	15,79	15,78	0,07	2,88
9	5,72	38,11	7,46	22,32	15,79	0,43	3,49
10	5,29	37,12	6,92	18,76	18,36	0,03	4,07
Průměrné hodnoty	6,168	35,891	7,723	18,762	17,13	0,115	3,057
Min. hod.	5,22	29,42	6,36	14,59	14,65	-0,23	2,43
Max. hod.	8,63	43,94	10,52	22,48	21,46	0,43	4,07

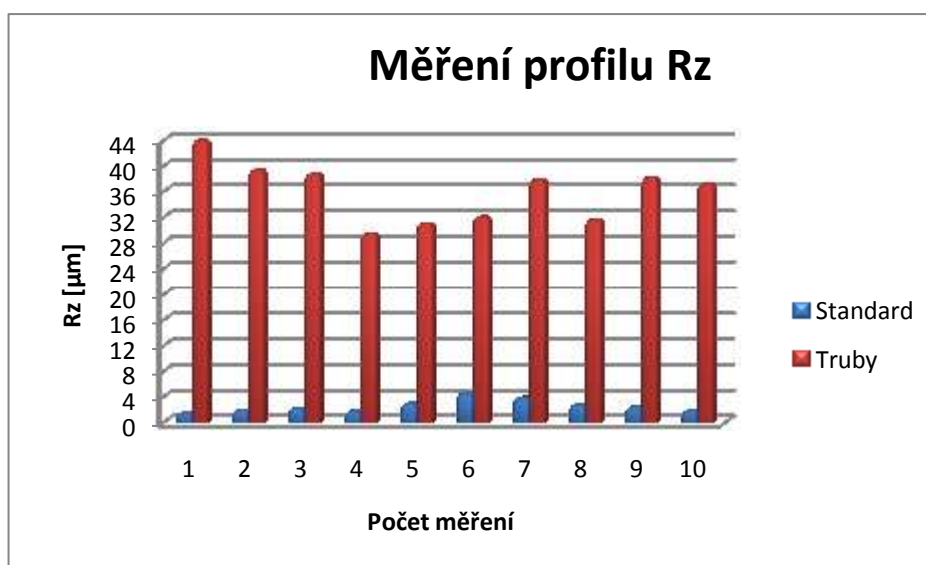
Tab. 14. Měření drsnosti na trubách



Obr.18. Grafický záznam profilu drsnosti z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301



Graf č.1 Drsnost povrchu



Graf č. 2 Měření největší výšky profilu Rz

V grafu č. 1 vidíme naměření drsnosti Ra u standardních testovacích panelu a u bezešvých válcovaných trub. Jde prokazatelně vidět, že standardy mají nižší drsnost než trubky. Průměrné drsnosti, které jsou v tabulkách č. 13 a 14 jsou u standardů $0,33[\mu\text{m}]$ naproti tomu trubky mají průměrnou hodnotu $Ra\ 6,168\ [\mu\text{m}]$.

Z drsnosti Ra neurčíme tvar drsnosti povrchu. Ra je takzvaná střední aritmetická úchylka proto se volí raději měření největší výšky profilu Rz. Tento rozměr nám udává součet nejvyššího výstupku a nejnižší hloubky prohlubně. Z grafu č.2 je zřejmé, že velikost Rz profilu standardů je o mnoho nižší než u trub. Z tabulek č.13 a 14 vyčteme průměrné hodnoty Rz profilu u standardu $2,484\ [\mu\text{m}]$ a u trub $35,891\ [\mu\text{m}]$.

6.7 Aplikace nátěru na vzorky

Vzorky byly natřeny a nastříkány nátěrovým systémem, který je transparentní na bázi alkydové pryskyřice s přidáním mikro a nanočástic fosforečnanu zinečnatého. Na vzorky byla nanесena jedna vrstva. Tloušťka mokré vrstvy jak u standardu, tak u trub byla 200 μm . Tato vrstva byla kontrolována hřebenovou měrkou firmy BASTRO o rozsahu 25 - 2000 μm .

6.8 Vytvrzení nátěru na vzorcích

Po nanесení vrstvy nátěrového systému byly vzorky sušeny hodinu na vzduchu a poté byly vloženy do pece PREMED KBC 6 – 100/250, kde byly vytvrzovány po dobu 6h na teplotě 80°C. Po vytvrzení byly vzorky ochlazovány na vzduchu.

6.9 Kontrola tloušťky suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808

Po vytvrzení nátěrového systému byla provedena kontrola tloušťky suché vrstvy pomocí přístroje ELCOMETER 456 na každém vzorku bylo provedeno 10 měření. Hodnoty byly zavedeny do tabulky a byla určena průměrná hodnota

	Průměrná tloušťka suché vrstvy [μm]	Průměrná tloušťka mokré vrstvy [μm]
Vzorky natírané		
SM1	28,57	200
TM1	36,62	200
SN1	26,42	200
TN1	28,83	200
Vzorky pneumaticky stříkané		
SM2	86,22	200
TM2	86,67	200
SN2	56,09	200
TN2	48,39	200

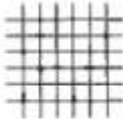
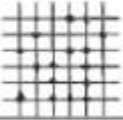


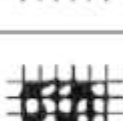
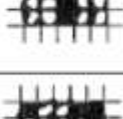
Tab. 15. Průměrné tloušťky mokré a suché vrstvy

6.10 Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou dle normy ČSN ISO 16276 – 2

Pomocí řezného nože a vodící šablony bylo vytvořeno 6 řezů poté byla šablona otočena o 90° bylo vytvořeno 6 řezů kolmo na předešlé řezy tak, aby byla vytvořena mřížka. Podle velikosti suché vrstvy nátěru se volí rozmezí řezů na šabloně do 60 µm je šířka 1 mm a od 60 µm je šířka řezu 2 mm. Po vytvoření mřížky byla přilepena na vzorky samolepící páska, která byla strhnuta pod úhlem 60° z povrchu. Po stržení pásky, která byla nalepena na kontrastní podklad, byla provedena vizuální kontrola.

Pomůcky k provedení zkoušky:

- Řezný nůž
- Vodící šablona
- Průhledná samolepící páska (šířka 50mm)
- Lupa







Klasifikace	Popis	Schéma
0	Řezy jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen	
1	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Poškozená plocha nesmí přesahovat 5 %	
2	Nátěr je nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení. Povrch mřížky smí být poškozen o více než 5% a méně než 15% celkové plochy	
3	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně, nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15%, ale menší než 35%.	
4	Na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena z více jak 35%, ale méně než z 65%.	
5	Změny, které jsou větší než u stupně 4 (více než 65%)	

Tab. 16 Klasifikace zkušebních výsledků mřížkové zkoušky [18,19]







6.11 Zkouška přilnavosti křížového řezu dle normy ČSN ISO 16276 – 2

Metoda křížového řezu vyžaduje, aby povlakem byly vedeny řezy ve tvaru „X“.







Na řezu se pevně přitlačí lepicí páska, kterou se odstraní povlak se špatnou přilnavostí. Výsledek zkoušky je vyjádřen jako číselné hodnocení odpovídající pozorovanému poškození. [18,19]

 <p>Stupeň 0 Žádné odlupování nebo odpadávající nátěr.</p>	 <p>Stupeň 1 Velmi malé odlupování podél řezů nebo v jejich průsečíku.</p>
 <p>Stupeň 2 Roztřepené odlupy podél řezů, v rozsahu maximálně 1,5 mm na každé straně.</p>	 <p>Stupeň 3 Roztřepené odlupy podél téměř celé délky řezů, v rozsahu maximálně 3,0 mm na obou stranách.</p>
 <p>Stupeň 4 Odpadávající nátěr z většiny plochy křížového řezu pod lepicí páskou.</p>	 <p>Stupeň 5 Odpadávající nátěr v ploše mimo křížový řez.</p>

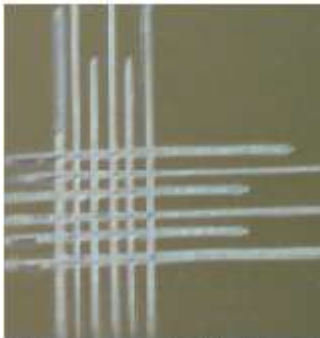

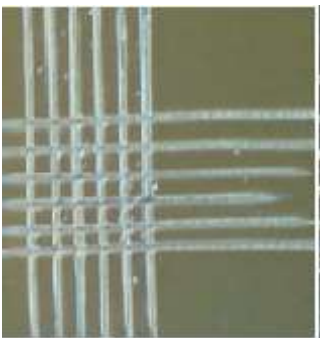
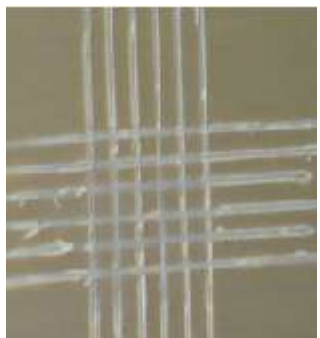

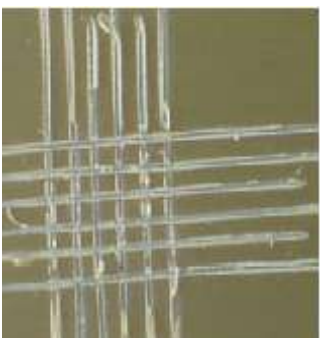
Tab. 17. Vyhodnocení vzorků výsledků křížového řezu [18,19]

Vzorek	Fotodokumentace mřížkové metody	Výsledek	Fotodokumentace křížového řezu	Výsledek
SM1		0		0
		1		
SN1		0		0
		0		

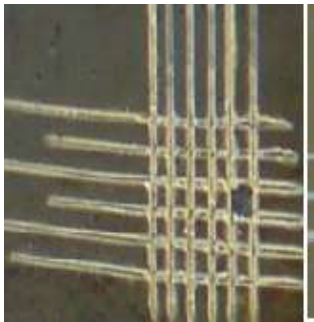

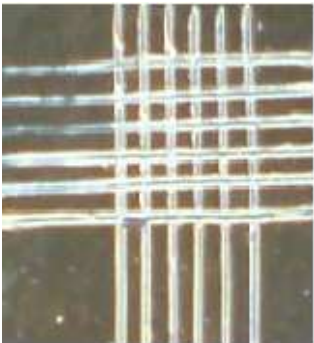
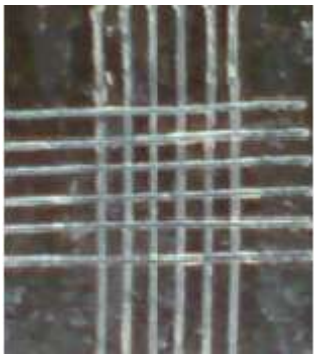

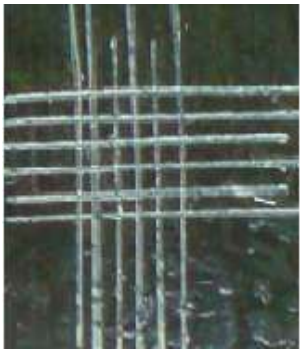
Tab. 18. Vyhodnocení vzorků mřížkové zkoušky a křížového řezu standardů natíraných

Vzorek	Fotodokumentace mřížkové metody	Výsledek	Fotodokumentace křížového řezu	Výsledek
TM1		3		0
		3		
TN1		1		1
		2		

Tab. 19. Vyhodnocení vzorků mřížkové zkoušky a křížového řezu trub natíraných

Vzorek	Fotodokumentace mřížkové metody	Výsledek	Fotodokumentace křížového řezu	Výsledek
SM2		0		0
		0		
SN2		1		1
		0		

Tab. 20. Vyhodnocení vzorků mřížkové zkoušky a křížového řezu standardů pneumatickým stříkáním

Vzorek	Fotodokumentace mřížkové metody	Výsledek	Fotodokumentace křížového řezu	Výsledek
TM2		1		1
		0		
TN2		0		0
		1		

Tab. 21. Vyhodnocení vzorků mřížkové zkoušky a křížového řezu trub pneumatickým stříkáním



Graf č.4 Porovnání mřížkové zkoušky na vzorcích nanesených mikronátěrem

Mřížková zkouška u standardních testovacích panelů kde byl použit mikronátěr vyšla dobře, pokud bylo nějaké poškození tak velmi malé v místech kde se kříží řezy. U bezešvých válcovaných trub tato zkouška dopadla hůře. Tento výsledek způsobil i špatný povrch trub kde byla evidentně špatná přilnavost nátěru. Pro snadnější porovnání výsledku viz graf č. 4.



Graf č. 5 Porovnání mřížkové zkoušky na vzorcích nanesených nanonátěrem

Mřížková zkouška z použitím nanonátěru vyšla evidentně lépe než u mikronátěru. Z grafu č. 5 lze snadno zjistit, stupeň poškození byl v rozmezí od 0 do 2 kde nátěr je nepatrně poškozen podél řezu a při jejich křížení.



Graf č.6 Porovnání křížového řezu na vzorcích nanesených mikronátěrem

Zkouška křížového řezu po nanesení mikronátěru dopadla velmi dobře pouze u bezešvých válcovaných trub bylo mírné zhoršení podél řezu nebo v průsečíku řezu.



Graf č.7 Porovnání křížového řezu na vzorcích nanesených nanonátěrem

Křížový řez u nanonátěru vyšel o něco hůř jak u mikronátěru není to způsobeno horším stupněm poškození ale vyším výskytem poškození stupněm 1 a to jak na standardních testovacích panelech tak na bezešvých válcovaných trubách.

6.12 Korozní zkouška nátěrů dle ČSN EN ISO 9227

Korozní zkouška byla provedena v solné korozní komoře LIEBISCH S400 M-TR, kde byly vzorky vystaveny solné mlhovině za zvýšené teploty. Vyhodnocení vzorků bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 4628.

Před vložením vzorků do solné komory, byly vzorky označeny a lepící páskou oblepeny jejich okraje, aby nedošlo ke vzniku koroze, která se může tvořit na okrajích vzorků. Do komory byly vloženy vzorky bez řezu a se řezem o délce 7 cm. Celkem bylo vloženo do solné komory 16 vzorků.

Provozní podmínky solné komory:

Tlak vody 2,5 až 3 bar

Tlak vzduchu 3 až 4 bar

Průtok vody 0,45l/hod

Teplota navlhčovače 55°C

Teplota prostředí 35 ± 2 °C

Vlhkost 100%

Solná mlha - 5% neutrální vodní roztok NaCl

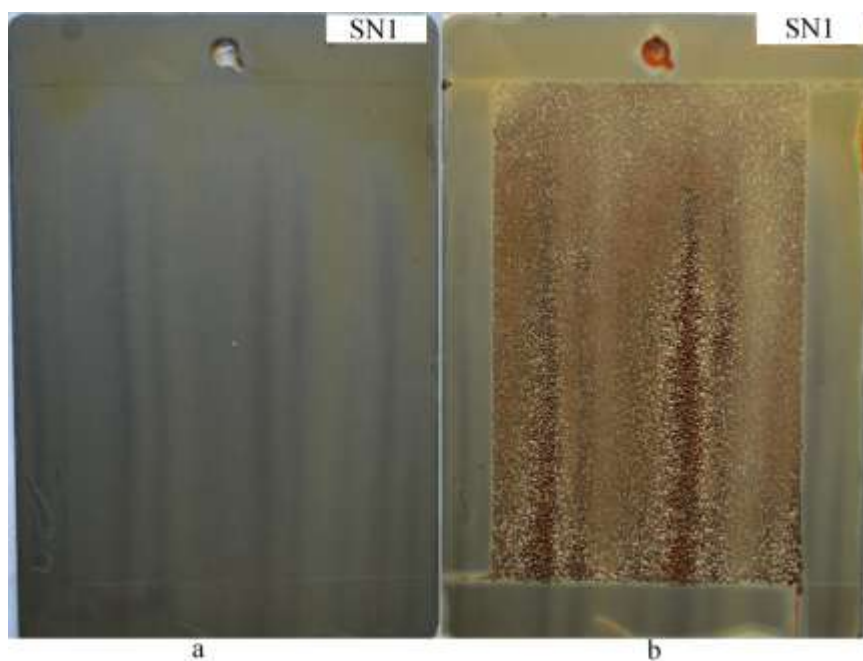
Použitý transparentní lak, který byl nanesen na vzorky je určen pro krátkodobou korozní ochranu (cca 1rok). V tabulce je znázorněn návrh výpočtu korozní odolnosti v prostředí C5, což je velmi vysoká agresivita, která se dělí na přímořskou a průmyslovou. Tato doba odpovídá 72 h expozice povlaku v korozní komoře.

Korozní odolnost	
Simulovaná doba v korozní komoře	Skutečná doba
6 h	cca 1 měsíc
72 h	cca 1 rok
720 h	cca 10 let

Tab.22 Návrh výpočtu korozní odolnosti

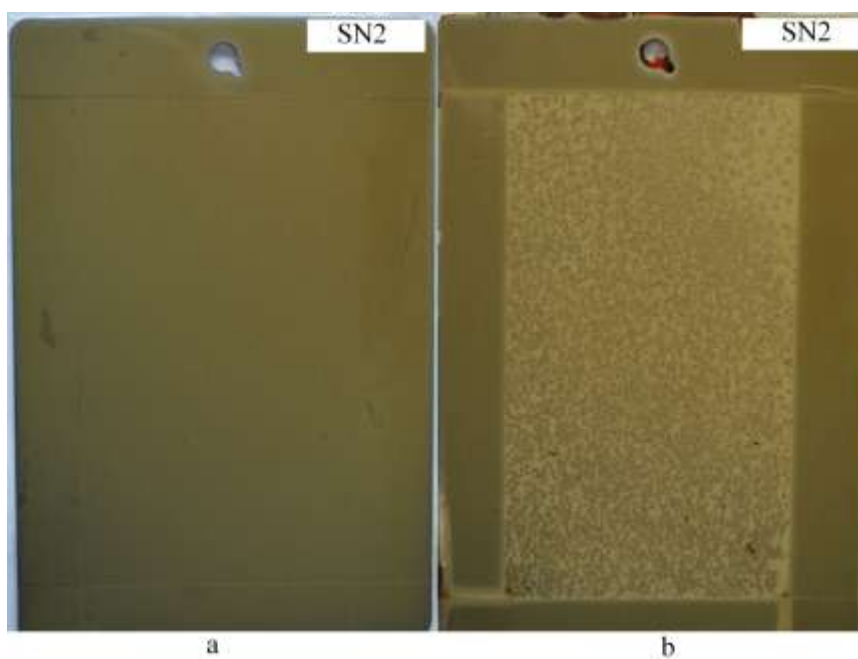
6.13 Fotodokumentace vzorků z korozní zkoušky

Fotodokumentace vzorků byla pořízena před vložením do korozní komory, dále po jednotlivých cyklech 8h, 16h, 24h, 48h a na konci cyklu korozní zkoušky 72h. Kompletní dokumentace vzorků jednotlivých cyklů viz. příloha č.2.

Standardní kovové panely natřeny nanonátěrem

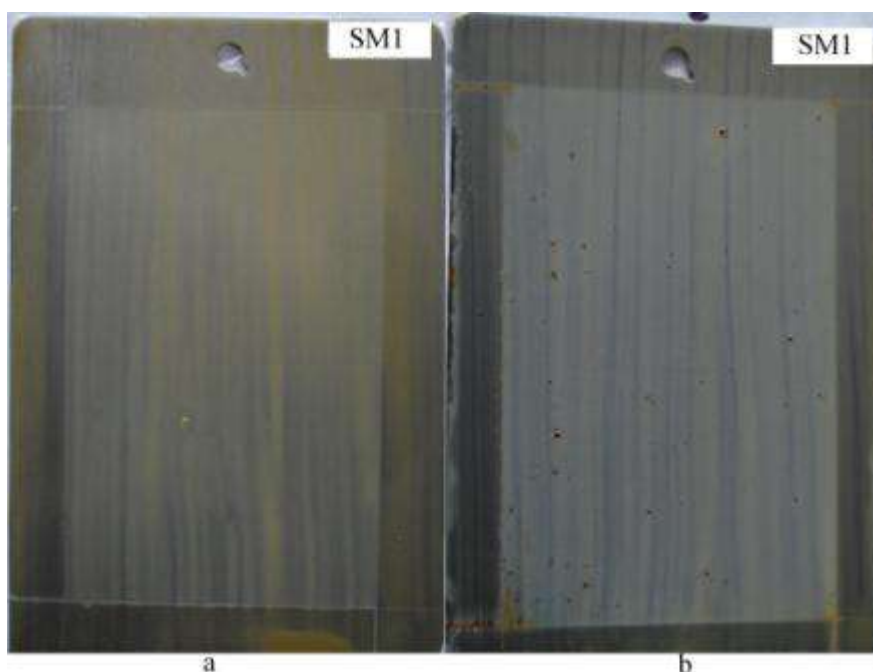
Obr.19. a) Před vložením do korozní komory

b) Po 72h v korozní komoře

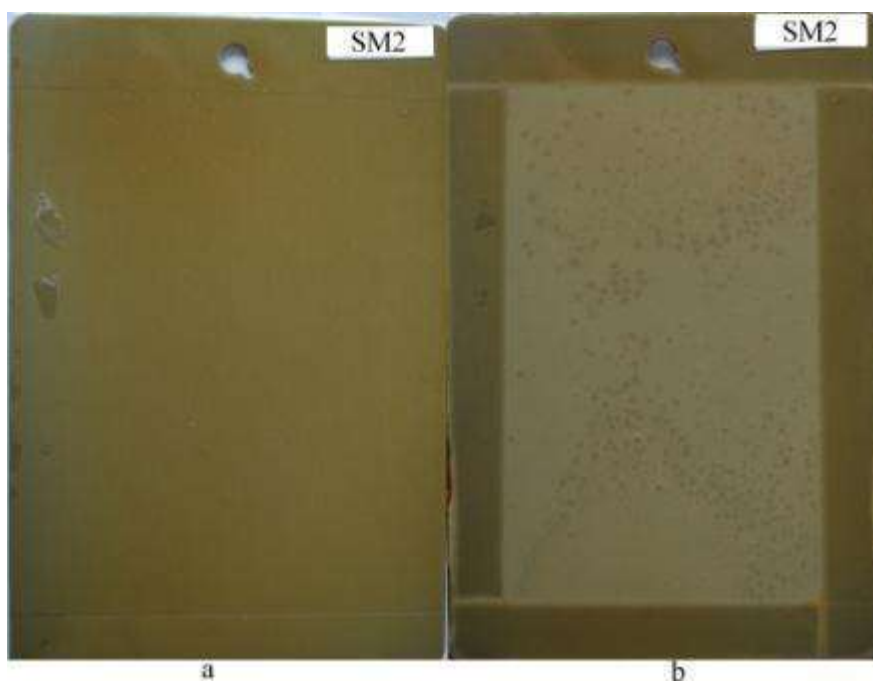
Standardní kovové panely nastříkané nanonátěrem

Obr.20. a) Před vložením do korozní komory

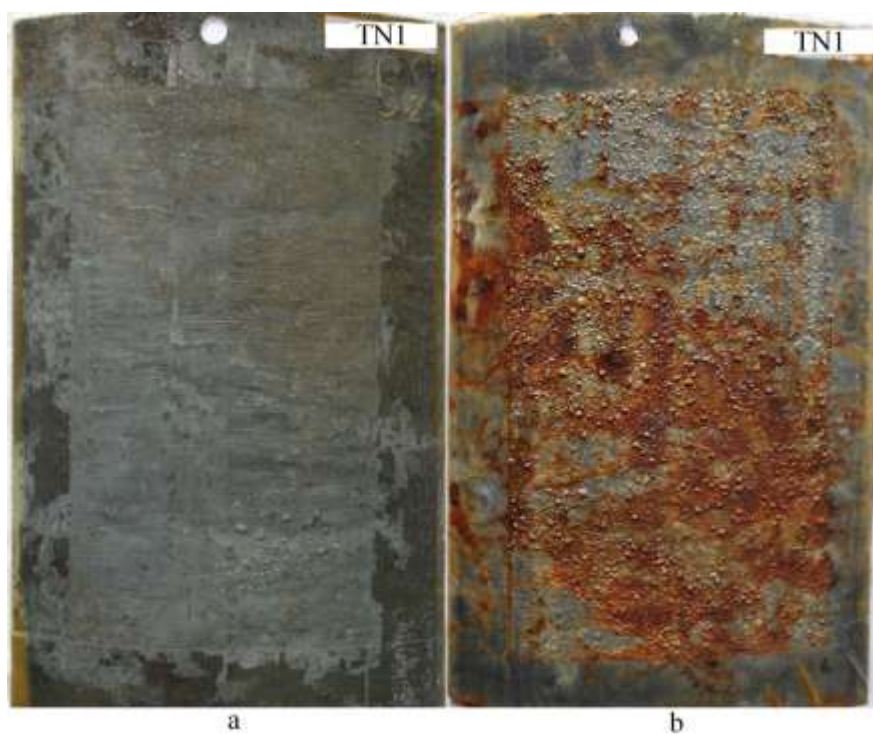
b) Po 72h v korozní komoře

Standardní kovové panely natřeny mikronátěrem

Obr.21. a) Před vložením do korozní komory
b) Po 72h v korozní komoře

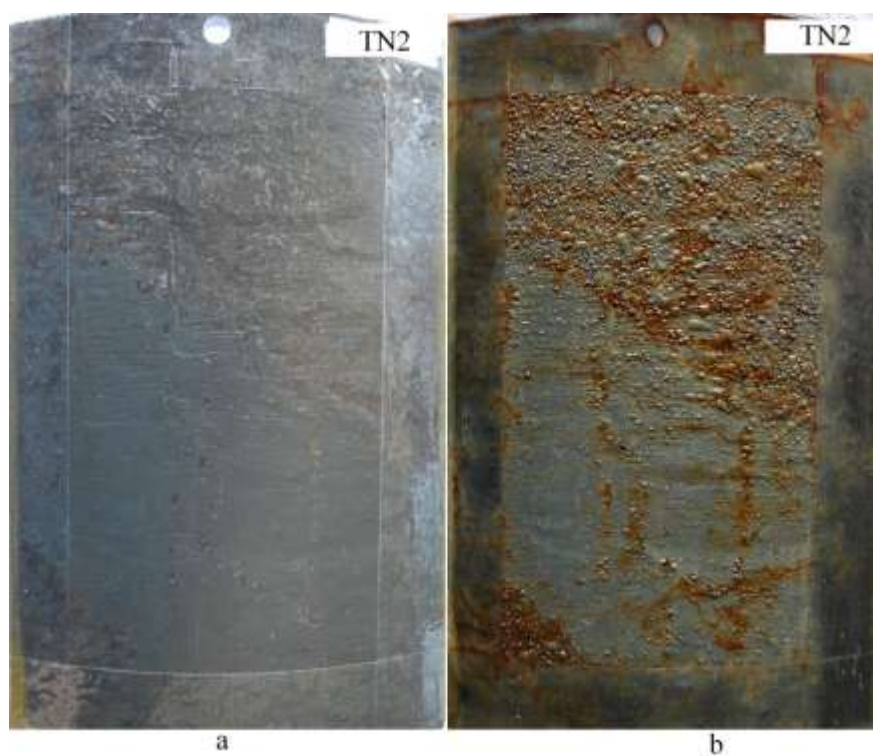
Standardní kovové panely nastříkané mikronátěrem

Obr.22. a) Před vložením do korozní komory
b) Po 72h v korozní komoře

Truby natřené nanonátěrem

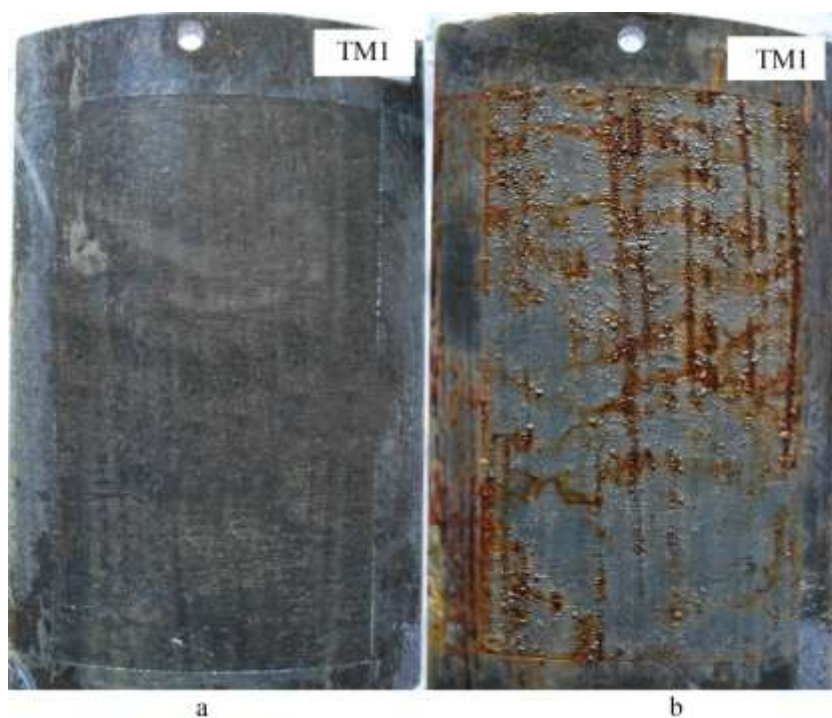
Obr.23. a) Před vložením do korozní komory

b) Po 72h v korozní komoře

Truby nastříkané nanonátěrem

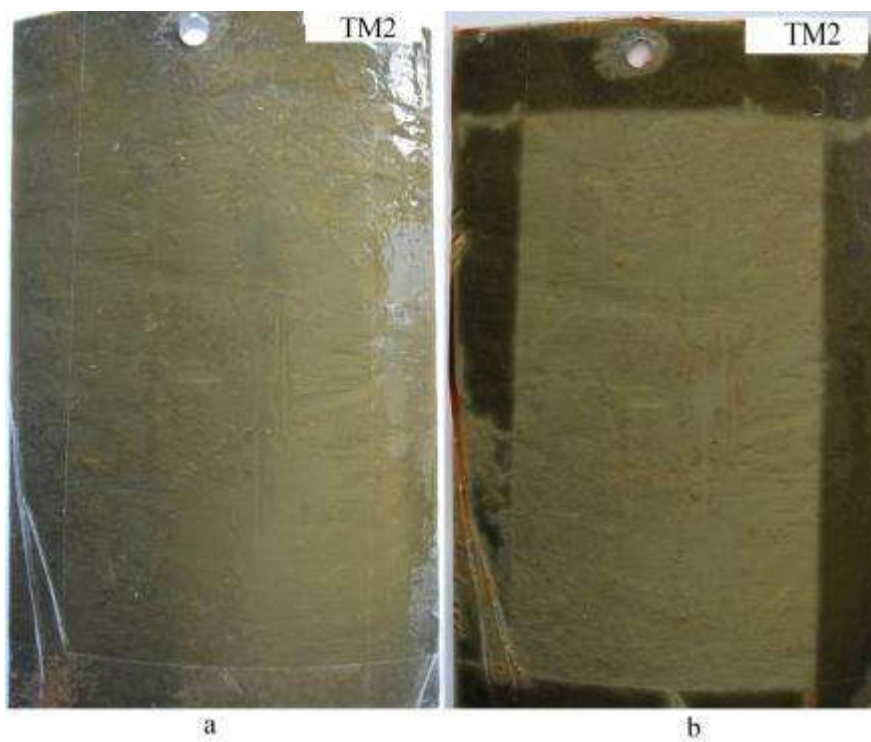
Obr.24. a) Před vložením do korozní komory

b) Po 72h v korozní komoře

Truby natřené mikronátěrem

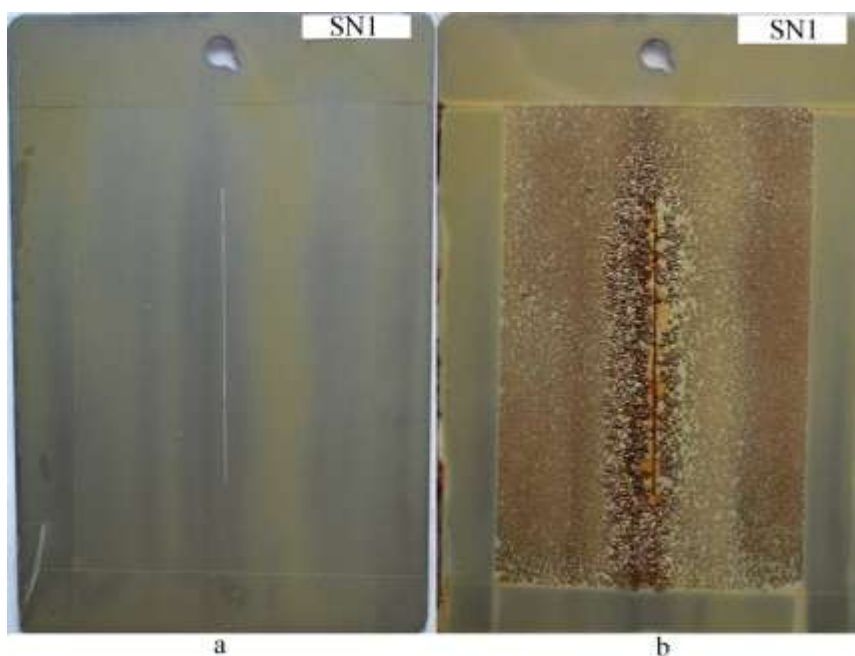
Obr.25. a) Před vložením do korozní komory

b) Po 72h v korozní komoře

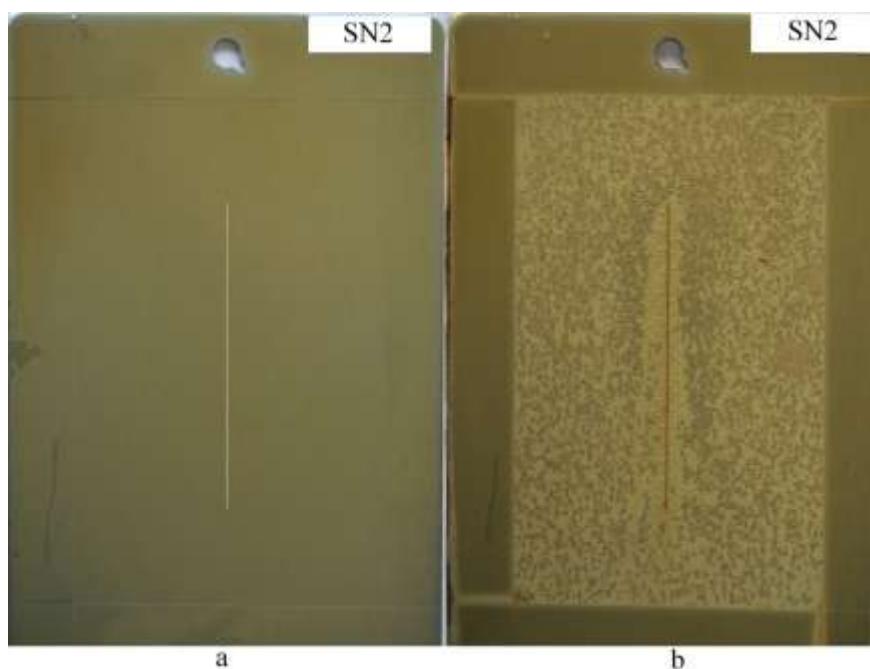
Truby nastříkané mikronátěrem

Obr.26. a) Před vložením do korozní komory

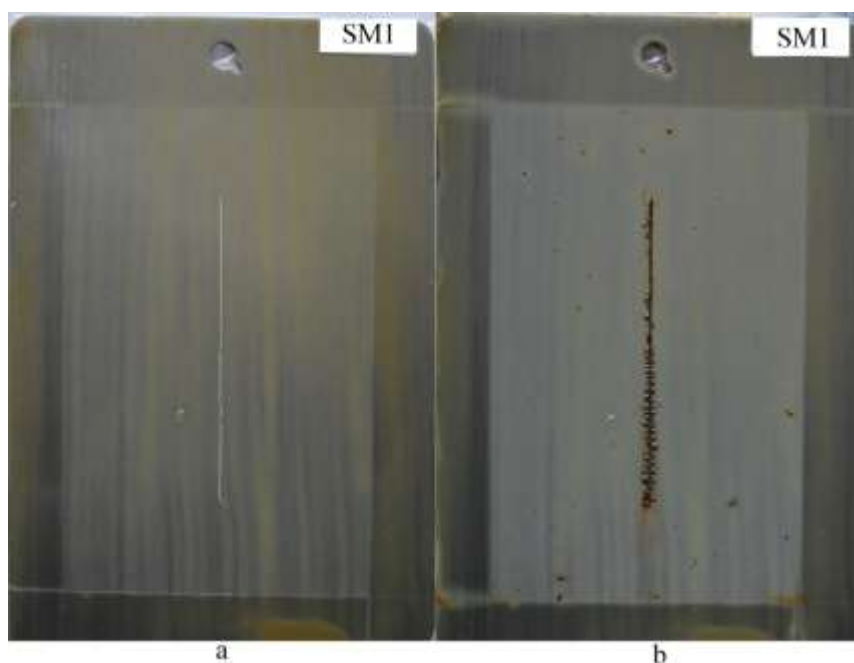
b) Po 72h v korozní komoře

Standardní kovové panely natřeny nanonátěrem s řezem

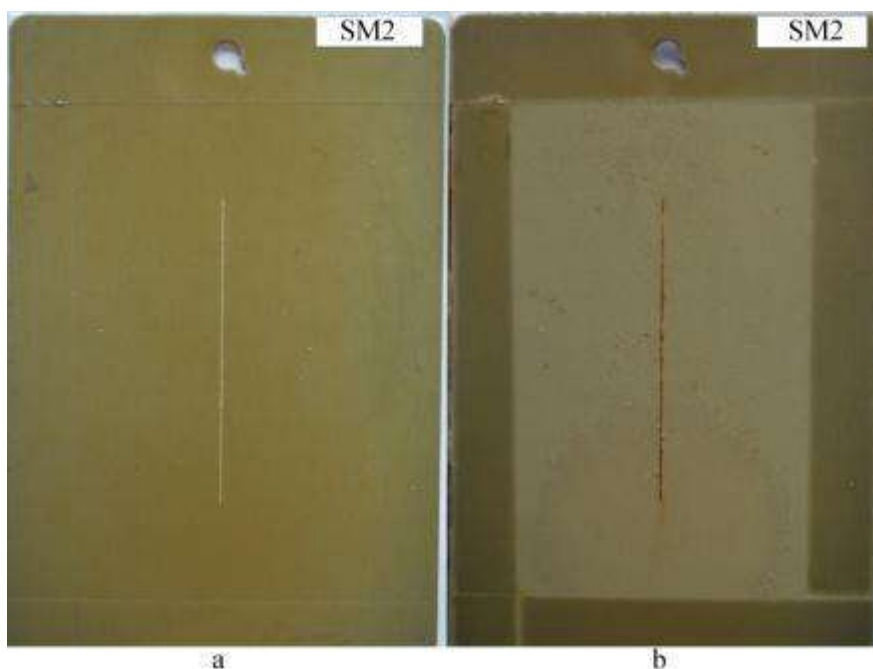
Obr.27. a) Před vložením do korozní komory
b) Po 72h v korozní komoře

Standardní kovové panely nastříkané nanonátěrem s řezem

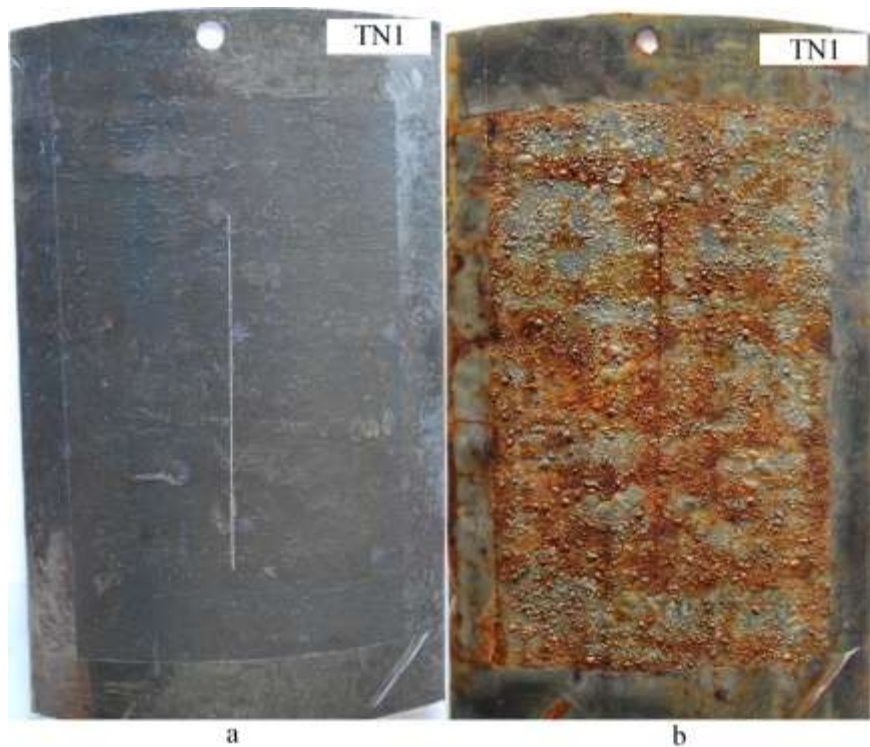
Obr.28. a) Před vložením do korozní komory
b) Po 72h v korozní komoře

Standardní kovové panely natřené mikronátěrem s řezem

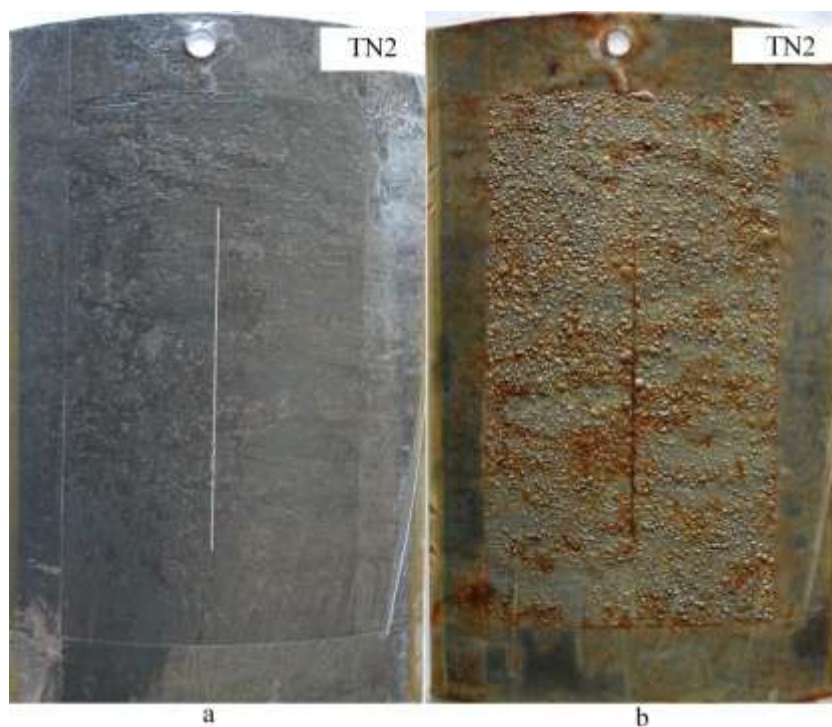
Obr.29. a) Před vložením do korozní komory
b) Po 72h v korozní komoře

Standardní kovové panely nastříkané mikronátěrem s řezem

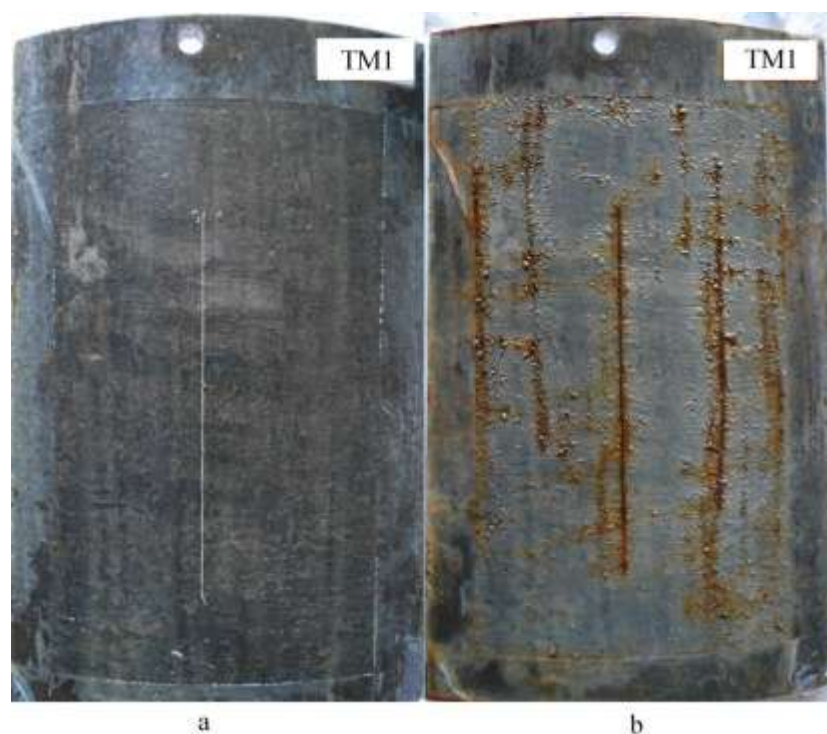
Obr.30. a) Před vložením do korozní komory
b) Po 72h v korozní komoře

Truby natřené nanonátěrem s řezem

Obr.31. a) Před vložením do korozní komory
b) Po 72h v korozní komoře

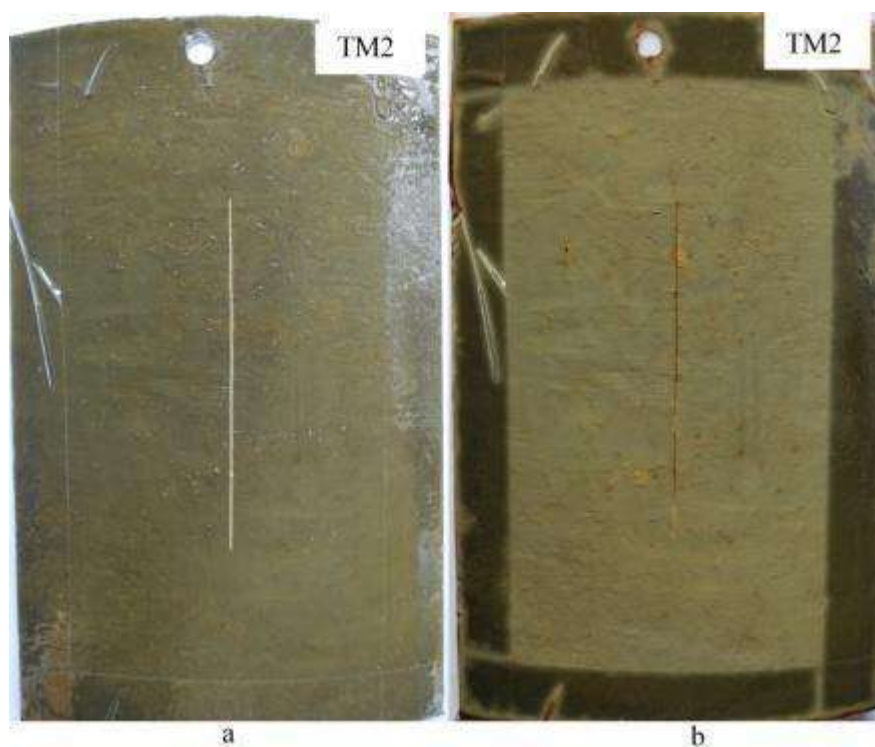
Truby nastříkané nanonátěrem s řezem

Obr.32. a) Před vložením do korozní komory
b) Po 72h v korozní komoře

Truby natřené mikronátěrem s řezem

Obr.33. a) Před vložením do korozní komory

b) Po 72h v korozní komoře

Truby nastříkané mikronátěrem s řezem

Obr.34. a) Před vložením do korozní komory

b) Po 72h v korozní komoře

Vyhodnocení korozní zkoušky:

Označení vzorků		Vzorky bez řezu		Vzorky s řezem	
		Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění	Stupeň puchýřkování	Delaminaci/Koroze
SN1	Před vložením do korozní komory	0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0
SN2		0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0
SM1		0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0
SM2		0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0
TN1		0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0
TN2		0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0
TM1		0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0
TM2		0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0
SN1	Po 8h v korozní komoře	5(S2)	Ri0(S0)	5(S1)	0/1
SN2		1(S2)	2Ri(S2)	0(S0)	0/1
SM1		0(S0)	Ri2(S2)	0(S0)	0/0
SM2		2(S2)	Ri0(S0)	1(S2)	0/1
TN1		2(S2)	Ri3(S3)	2(S2)	0/1
TN2		1(S2)	Ri0(S0)	0(S0)	0/1
TM1		1(S2)	1Ri(S2)	0(S0)	0/0
TM2		1(S1)	Ri0(S0)	0(S0)	0/0
SN1	Po 16h v korozní komoře	5(S2)	2Ri(S3)	4(S2)	0/2
SN2		4(S3)	4Ri(S3)	2(S2)	0/1
SM1		0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0/1
SM2		2(S2)	Ri1(S2)	1(S2)	0/1
TN1		3(S2)	Ri4(S4)	3(S2)	0/3
TN2		1(S2)	Ri0(S0)	1(S2)	1/1
TM1		2(S2)	Ri4(S3)	0(S0)	1/2
TM2		1(S1)	Ri0(S0)	1(S1)	0/1
SN1	Po 24h v korozní komoře	5(S2)	2Ri(S3)	4(S2)	1/2
SN2		4(S3)	4Ri(S3)	2(S2)	0/1
SM1		1(S1)	Ri1(S1)	0(S0)	0/1
SM2		2(S2)	Ri1(S2)	2(S2)	0/1
TN1		2(S4)	Ri5(S4)	3(S2)	0/5
TN2		2(S2)	Ri2(S3)	2(S2)	1/2
TM1		3(S2)	Ri4(S4)	1(S2)	1/2
TM2		1(S1)	Ri0(S0)	1(S1)	0/1

Tab. 23 Vyhodnocení korozní zkoušky bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 4628

Označení vzorků		Vzorky bez řezu		Vzorky s řezem	
		Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění	Stupeň puchýřkování	Delaminaci/Koroze
SN1	Po 48h v korozní komoře	5(S2)	Ri4(S4)	4(S2)	1/3
SN2		5(S2)	Ri5(S2)	3(S3)	0/1
SM1		2(S2)	Ri3(S2)	3(S4)	1/1
SM2		3(S2)	Ri2(S3)	2(S2)	0/1
TN1		5(S3)	Ri5(S5)	5(S3)	0/5
TN2		3(S3)	Ri5(S3)	4(S3)	2/3
TM1		4(S3)	Ri5(S4)	3(S3)	1/3
TM2		1(S1)	Ri0(S0)	1(S1)	0/1
SN1	Po 72h v korozní komoře	5(S3)	Ri5(S5)	5(S3)	1/3
SN2		5(S3)	Ri5(S3)	3(S3)	0/1
SM1		2(S2)	3Ri(S2)	3(S4)	1/1
SM2		3(S3)	2Ri(S2)	2(S2)	1/2
TN1		5(S4)	Ri5(S5)	5(S4)	0/5
TN2		4(S4)	Ri5(S4)	5(S4)	1/4
TM1		5(S3)	Ri5(S4)	4(S3)	1/3
TM2		1(S1)	Ri1(S1)	1(S1)	1/2

Tab. 24 vyhodnocení korozní zkoušky bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 4628

Vyhodnocení vzorků bez řezu v korozní komoře po 72 hodinách

Po 72 h v korozní komoře bylo při hodnocení zjištěno, že nejlépe vycházely standardní testovací panely s naneseným nátěrovým systémem s příměsí 3-5% fosfátu zinku ZP10 o velikosti mikročástic. Vzorky nasvědčovaly minimálnímu stupni puchýřkování. Prorezavění na těchto vzorcích bylo také minimální. U natíraných bezešvých válcovaných trub s tímto nátěrem byl stupeň puchýřkování do velikosti 0,5 a povrch byl hustě pokryt. Prorezavění na tomto vzorku bylo velké a po celém povrchu. U vzorku stříkaných bylo puchýřkování i prorezavění minimální toto má za následek vybraná metoda nanášení nátěrové hmoty. Při stříkání je povlak rovnoměrný po celé ploše.

U vzorků na které byl aplikován nátěrovým systémem s příměsí 3-5% fosfátu zinku ZP10 o velikosti nanočástic je jasné vidět hustě pokrytý povrch puchýřky a silné prorezavění celého povrchu vzorku.

Vyhodnocení vzorků s řezem v korozní komoře po 72 hodinách

U hodnocení vzorků s řezem se potvrdilo, že vzorky standardních testovacích panelů s naneseným nátěrovým systémem s příměsí 3-5% fosfátu zinku ZP10 o velikosti mikročástic vyšly co se týče porovnání s ostatními vzorky nejlépe je to způsobeno také úpravou povrchu vzorku. Stupeň puchýřku byl minimální prorezavění pouze v okolí řezu a ztráta přilnavosti povrchu byla malá. Také u bezešvých válcovaných trub vyšel výsledek obdobně, jak u vzorků bez řezu. Natírané vzorky jsou silně prorezavělé v okolí řezu a puchýřkování v blízkosti řezu je také velké. U trub stříkaných je prorezavění i puchýřkování minimální.

U vzorků na které byl aplikován nátěrovým systémem příměsí 3-5% fosfátu zinku ZP10 o velikosti nanočástic. Výsledky vyšly lépe pro nanášení nátěrové hmoty stříkáním tyto vzorky u standardu vyšly na rozdíl od ostatních vzorků na které byl aplikován tento nátěr dobře puchýřku bylo v oblasti řezu málo a prorezavění bylo minimální. U ostatních vzorků bylo puchýřkování po celé ploše a prorezavění v okolí řezu velké.

ZÁVĚR

Úkolem experimentálních prací bylo zjistit adhezy tenkých povlaků s příměsí mikro a nanočástic fosforečnanu zinečnatého. Standardních testovacích panelů, které byly před nanesením nátěru odmaštěny a očištěny a bezešvých válcovaných trub které nebyly nijak přeupravovány. Na tyto povrchy byly naneseny dva druhy nátěrových systému a to s příměsí 3-5% fosfátu zinku ZP10 o velikosti nanočástic a s příměsí 3-5 % fosfátu zinku o velikosti mikročástic. Tyto nátěrové systémy byly naneseny dvěma metodami a to pneumatickým stříkáním a natřením pomocí štětce.

Dle vyhodnocení experimentálních zkoušek lze říct, že standardní testovací panely mají lepší přilnavost povrchu i u chemického složení jde vidět, že odmaštěním bylo dosaženo, že na povrchu se vyskytuje pouze železo bez dalších oxidu. Bezešvé válcované trubky nebyly nijak povrchově upravené a proto se na jejich povrchu vyskytují i jiné prvky které nám mohou, způsobit horší adhezi nátěrového systému. Toto se nám potvrdilo i při měření drsnosti kdy velikosti profilu Ra a Rz vycházely s vyššími hodnotami u vzorků válcovaných bezešvých trub.

U zkoušek přilnavosti se projevila i metoda nanášení nátěrového hmoty. Díky rovnoměrnému nanesení při pneumatickém stříkání vycházela zkouška přilnavosti lépe než při natíráním pomocí štětce. Použitý nátěrový systémem příměsí 3-5% fosfátu zinku ZP10 o velikosti nanočástic vyšel lépe než nátěr s příměsí 3-5% fosfátu zinku ZP10 o velikosti mikročástic.

Transparentní lak, který byl použit na vzorcích slouží ke krátkodobé korozní ochraně která, představuje v korozní komoře dobu 72h a ve skutečném korozním prostředí se jedná o jeden rok. Pro nátěrový systém jsou vhodné standardní testovací panely. Nejlepší výsledky na těchto vzorcích vykazoval nátěrovým systémem s příměsí 3-5% fosfátu zinku ZP10 o velikosti mikročástic. U vzorku s řezem se nám výsledky potvrdili. U nátěrových systémů s příměsí 3-5% fosfátu zinku ZP10 o velikosti nanočástic se projevilo velké prorezavění na podstatně velké ploše povrchu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB - TU Ostrava, 2006, 3. vyd. 156 s. ISBN 80-248-1217-7
- [2] PODJUKLOVÁ, J. *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty, VŠB – TU Ostrava, 1994, 1. vydání, 71s., ISBN 80-7078-235-8
- [3] PODJUKLOVÁ Jitka, LANÍK Tomáš, HRABOVSKÁ Kamila, DOBROVODSKÁ Lenka, PELIKÁNOVÁ Kateřina , Vladimír VIKTOROVIC MENŠIKOV.: *Vývojové trendy v použití ochranných povlaků*. [online].2009. [cit. 2011-04-20]
URL:<http://konference.tanger.cz/data/metal2009/sbornik/Lists/Papers/036.pdf>
- [4] Katedra strojírenské technologie technické univerzity v Liberci: *Povrchy povlaků* [online] 2010[cit. 2011-04-20]
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/povrchy%20povlaku.pdf
- [5] TICHÁ, Šárka.: *Strojírenská metrologie, část 1*. Učební texty VŠB-TU Ostrava, 2008, 1.vyd. 112 s. ISBN 978-80-248-0671-6
- [6] Mitutoyo Česko s.r.o.: *Měření drsnosti povrchu* [online]. 2002 [cit. 2011-05-12].
<<http://www.industry.net.cz/ArticleDetail.asp?nBranchID=73&nArtID=100&nPage8>>.
- [7] MCT spol. s.r.o.: *Barevné pigmenty Ferroxon pro barvení betonových výrobků* [online].2010[cit.2011-05-12].
<<http://www.industry.net.cz/ArticleDetail.asp?nBranchID=73&nArtID=100&nPage8>>.
- [8] FILIPOVÁ Marcela, PODJUKLOVÁ Jitka, SIOSTRZONEK René: *Vliv změny drsnosti povrchu na přilnavost organických povlaků* [online] 2007 [cit.2011-04-20]
<http://www.metal2011.com/data/metal007/sbornik/Lists/Papers/182.pdf>

- [9] DOBROVODSKÁ Lenka, PODJUKLOVÁ Jitka, HRABOVSKÁ Kamila, LANÍK Tomáš, PELIKÁNOVÁ Katerina, Vladimír VIKTOROVIC MENŠIKOV.: *Vývojové trendy v použití ochranných povlaků* [online] 2009 [cit. 2011-04-20]
<http://www.nanocon.cz/data/nanocon2009/sbornik/Lists/Papers/089.pdf>
- [10] Katedra strojírenské technologie technické univerzity v Liberci: *Doplňková technologie pro zpracování plastů* [online] 2010 [cit.2011-04-20]
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm
- [11] BARABASZOVÁ, K.: *Nanotechnologie a nanomateriály* Učební texty VŠB - TU Ostrava, 2006, ISBN 80-248-1210-X
- [12] HENEBERG , Petr.: *Nanotechnologie versus rakovina* [online]. 2008 [cit. 2011-05-12].
<<http://vtm.zive.cz/clanek/nanotechnologie-versus-rakovina>>.
- [13] OREN s.r.o : *Vlastnosti povrchů a jejich ovlivňování pomocí nano-vrstev* [online]. 2009 [cit. 2011-05-12].
<http://www.nanoren.cz/index.php?page=i_vyuziti>.
- [14] Dobré-náradí.cz : *Pistole na stříkání dutin WALMEC TS* [online]. 2008 [cit. 2011-05-12].
<<http://www.dobre-naradi.cz/zbozi/Pistole-na-strikani-dutin-WALMEC-TS/p-994/>>.
- [15] INSTITUT GEOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ *Hornicko-geologická fakulta VŠB - Technická univerzita Ostrava : MINERÁLNÍ PIGMENTY A BARVIVA* [online]. 2010[cit.2011-05-12].
<http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/pigmenty_barviva.html>.
- [16] ČSN ISO 8502-3 : *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu - Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání*. Praha : Český normalizační institut, Srpen 1999. 12 s.

- [17] ČSN EN ISO 8501-1 : *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - vizuální hodnocení čistoty povrchu - Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků.*
Praha : Český normalizační institut, Listopad 2007. 16 s.
- [18] ČSN EN ISO 2409 : *Nátěrové hmoty - mřížková zkouška.* Praha : Český normalizační institut, Říjen 2007. 16 s.
- [19] ČSN EN ISO 16276-2 : *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – hodnocení a kritéria přijetí adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část2: Mřížková zkouška a křížový řez.* Praha : Český normalizační institut, Leden 2008. 16 s.
- [20] ČSN EN ISO 4628-1: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 1: Obecný úvod a systém klasifikace.* Praha : Český normalizační institut, Duben 2004. 7 s.
- [21] ČSN EN ISO 4628-2: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování.* Praha : Český normalizační institut, Duben 2004. 15 s
- [22] ČSN EN ISO 4628-3: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 3: Hodnocení stupně prorezavění.* Praha : Český normalizační institut, Duben 2004. 19 s
- [23] ČSN EN ISO 4628-8: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu.* Praha : Český normalizační institut, Listopad 2005. 11 s.

- [24] SUCHÁNKOVÁ, Kateřina. *Studium vlivu povrchové úpravy kovového substrátu pro aplikaci povlaku obsahující nanočástice. Ostrava: 20010. Diplomová práce na VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, katedra mechanické technologie, vedoucí bakalářské práce Podjuklová J.*
- [25] Návody k laboratorním pracím: *Vlastnosti pigmentů – teoretická část* [online]. 2008 [cit. 2011-05-17]. <http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res_vlastnosti_pigmentu/index.htm>.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych vyjádřit poděkování zaměstnancům VŠB-TU Ostrava, kteří se na bakalářské práci jakýmkoliv způsobem podíleli. Především chci poděkovat Ing. Sylvii Kopaňákové za materiální a technickou pomoc při experimentální části této práce.